

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE POSGRADO**

**COMPORTAMIENTO ECOLÓGICO DEL BANCO DE SEMILLAS  
DE MALEZAS EN EL TROPICO HUMEDO**

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

***MAGISTER SCIENTIAE***

por

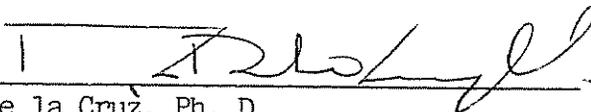
**CELINA ISABEL MERINO MEJIA**

CATIE  
Turrialba, Costa Rica  
1991

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

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



Ramiro de la Cruz, Ph. D.  
Profesor Consejero

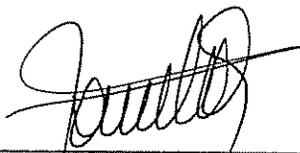


Mario Pareja, Ph. D.  
Miembro del Comité

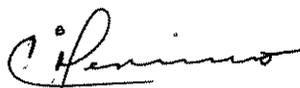


Gilda Piaggio, Ph. D.  
Miembro del Comité

Miembro del Comité



Ramón Lastra, Ph. D.  
Coordinador Programa Maestría



Celina Isabel Merino Mejía  
Candidato

## DEDICATORIA

A mis Padres Manuel de Jesus y M<sup>a</sup> Isabel

Por su amor, sus ejemplos y apoyo que perduraran durante toda mi vida.

A mis hermanos Luis, Aris, Juan, Marta y mi querida Mamá Mena

Ahora ausentes, pero siempre conmigo.

A toda mi gran familia de la cual estoy muy orgullosa

Por su cariño y permanente estímulo

A Claudia con mucho cariño y admiración.

## AGRADECIMIENTOS

A Ramiro De la Cruz, Mario Pareja y Gilda Piaggio, por sus valiosas enseñanzas, orientaciones, apoyo en todo momento y sobre todo por su inapreciable amistad, gracias de todo corazón.

Al amistoso grupo MIP por los momentos especiales compartidos, además de las facilidades y el apoyo brindado durante la realización de mis estudios y mi estancia en Costa Rica.

A Arnoldo Merayo y Germán Zuñiga, por su gran apoyo en la parte experimental.

A mis amigos, José Eduardo, Beatriz, Marta, José Manuel, Chema, Magaly, Miguel, Leda, etc... por aguantarme y compartir penas y alegrías.

Al Proyecto MIP-CATIE/AID-ROCAP, por financiar mis estudios de maestría.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
RESUMEN.....	vii
SUMMARY.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	2
2.1. Manejo de malezas .....	2
2.1.1 - Conceptos generales.....	2
2.2. Biología de semillas de malezas .....	3
2.3. Germinación de semillas de malezas.....	6
2.4. Banco de semillas.....	8
2.5. Efecto de la labranza sobre el banco de semillas.....	10
2.6. Efecto de las rotaciones de cultivo sobre la población de las malezas .....	13
2.7. Acción de depredadores sobre semillas de malezas en el banco .....	14
2.8. Longevidad de especies en el banco.....	15
2.9. Método de muestreo.....	16
2.10. Relación entre malezaas en la superficie del suelo y banco de semillas .....	20
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1. Descripción del área experimental.....	21
3.2. Descripción del trabajo experimental .....	24
3.2.1. Establecimiento del experimento de campo.....	24
3.2.2. Variables en estudio y diseño experimental.....	25

3.2.3. Determinación del efecto de las variables sobre la población de malezas y semillas del suelo .....	26
3.2.4. Estudio de laboratorio.....	37
3.3. Análisis de los datos.....	38
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
4.1 - Trabajo experimental de campo: flora de malezas en los dos tipos de labranza.....	42
4.2. Trabajo experimental de invernadero .....	49
4.3. Análisis de componentes principales en los estudios del banco de semillas.....	52
4.4. Trabajo experimental de laboratorio .....	58
5. CONCLUSIONES .....	60
6. RECOMENDACIONES .....	62
7. LITERATURA CITADA.....	63
8. ANEXOS.....	68

MERINO MEJIA, C. I. 1991. Comportamiento ecológico del banco de semillas de malezas en el trópico húmedo.

Palabras claves: Labranza, sistemas de cultivos, banco de semillas, viabilidad, longevidad.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó durante los años de 1989 y 1991 en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), localizado en la zona del trópico húmedo bajo. Durante tres ciclos de siembra se investigó el efecto de tres sistemas de cultivo (monocultivo de maíz, frijol y de rotación de maíz con-frijol), de la labranza (convencional y cero) y el uso de insecticida al suelo (con y sin aplicación) sobre la vegetación de malezas y la población de semillas en el suelo. No se permitió durante la investigación la entrada ni la producción de nuevas semillas de malezas en el campo.

Para determinar el efecto de las variables en estudio se hicieron recuentos periódicos de la vegetación de malezas y del banco de semillas.

El tipo de vegetación de las malezas mostró una pobre relación con la composición del banco de semillas tanto en composición de especies como en densidad.

Los factores climáticos interactuaron decididamente con la labranza en la germinación y emergencia de las malezas.

Las variables de rotación y aplicación de insecticida al suelo no tuvieron un claro efecto sobre la vegetación ni sobre el banco de semillas debido quizá a su poca duración (dos años) o a que ellas actúan más eficazmente sobre la parte reproductiva de la vegetación, la cual no se dejó alcanzar en el presente estudio.

La variable de labranza, con más de diez años de permanencia en el campo, mostró claro efecto tanto sobre la vegetación como sobre el banco de semillas.

Un alto porcentaje de la mayoría de las semillas de malezas parecen tener poca longevidad, principalmente cuando quedan sobre la superficie del suelo. Sin embargo, algunas especies como *ELEIN*, *BOILF* y *CYPSS* parecen ser más persistentes. Algunas especies parecen tener efecto inhibitorio sobre la germinación de otras, pues estas empiezan a germinar cuando las primeras ya han terminado o disminuido su presencia en el campo.

De manera general se puede afirmar que las distintas especies dentro del banco se comportan en forma coordinada, dependiendo este comportamiento de los factores climáticos y de las variables agronómicas que puedan afectar el microambiente de las semillas mediante su interacción con el clima.

MERINO MEJIA, C. I. 1991. Ecological behavior of the weed seed bank in the humid tropics.

Key words: Tillage, cropping systems, seed bank, viability, longevity.

## SUMMARY

This study was carried out between 1989 and 1991 in the Tropical Agricultural Center for Research and Training (CATIE), situated in a low humid tropical zone. The effect of three cropping systems (corn and bean monocrop, and rotation of corn and beans), of tillage (conventional and zero) and use of soil insecticides (with and without application) on weed vegetation and seed population in the soil bank were investigated during three planting cycles. Throughout the research, new weed seeds were not permitted to enter or be produced in the field.

Periodic countings of weed vegetation and of the seed bank were taken to determine the effect of the variables under study.

Weed vegetation type showed a poor relation with the seed bank's composition (species number and density). Climatic factors definitely interacted with tillage systems in the germination and emergence of the weeds.

Rotation and soil insecticide application variables had no clear effect on vegetation nor on the seed bank due perhaps to their short duration (two years) or to the fact that they act more efficiently on the reproductive part of the plant which was not reached in this experiment.

Tillage variables having been in the field for more than ten years showed a clear effect on vegetation as well as on the seed bank.

A high percentage of the weed seeds seem to have a short longevity, mainly when they stay on the soil's surface. However, some species such as ELEAN, BOILF, CYPFE, and KILSS seem to be more persistent. Apparently some species have an inhibitory effect on the germination of others since these begin to germinate when the first ones have diminished or vanished in the germinating medium.

Overall, it can be said that the different species in the bank behave in a coordinated (orderly) way depending on climatic factors and on agronomical variables which can affect the micro-environment of the seeds through their interaction with the climate.

## LISTA DE CUADROS

En el texto:

Número		Página
1.	Malezas presentes bajo dos sistemas de labranza en el campo experimental. Turrialba, C. R. CATIE. 1985. (Saunders y Rojas).....	22
2.	Fechas de siembra y cosecha de los tres ciclos de cultivo estudiados. Turrialba, C. R., CATIE .....	24
3.	Fechas de siembra de los recuentos de malezas sobre la superficie del campo y de los muestreos del perfil del suelo para el banco de semillas. Turrialba, C.R., CATIE.....	30
4.	Fechas de instalación de maceteros y lecturas de plántulas de malezas en casa de malla. Turrialba, C.R. CATIE.....	32
5.	Malezas presentes en el área experimental y determinadas mediante los recuentos de superficie y del banco de semillas. 1990/91.....	41
6.	Densidad absoluta y relativa de las especies de malezas seleccionadas por su mayor densidad (planta/m <sup>2</sup> ) tanto en superficie como en el banco de semillas. ....	42
7.	Densidades (planta/m <sup>2</sup> ) de malezas sobre la superficie en los dos sistemas de labranza y cuatro épocas distintas.....	44
8.	Correlaciones entre los Componentes Principales (CP) de los recuentos de malezas en superficie durante cuatro épocas, con su correspondiente contribución a la varianza. ....	47
9.	Densidades (planta/m <sup>2</sup> ) de malezas emergidas en maceteros con muestras de suelo de las dos labranzas, al inicio y al final de la investigación.....	50
10.	Correlaciones entre los componentes principales (CP's) y los recuentos de malezas en el banco de semillas con su correspondiente contribución a la varianza, obtenidas de las cinco épocas de muestreos de suelo.....	53

11.	Número de plántulas emergidas en maceteros, semillas extraídas por el método de Malone (1967) y porcentaje de eficiencia del método de germinación de semillas de malezas en maceteros en el invernadero. ....	59
-----	--	----

## ANEXOS

1A.	Régimen de temperaturas del suelo a 2 cm y 5 cm de profundidad, durante las épocas de emergencia de plántulas de malezas para los recuentos de superficie CATIE, 1989. ....	69
2A.	Análisis de varianza para dos de los CP's de las malezas en la superficie del campo. ....	70
3A.	Densidad de malezas (planta/m <sup>2</sup> ) en los dos sistemas de labranza y en cada sección del perfil del suelo a través del tiempo. ....	71
4A.	Análisis de varianza para cuatro de los CP's de las malezas del banco de semillas. ....	72

## LISTA DE FIGURAS

Número		Página
1.	Temperatura máxima y mínima del aire. CATIE, Turrialba 1990/91. ....	23
2.	Precipitación mensual. CATIE, Turrialba 90/91.....	23
3.	Diagrama del método de recuento de malezas emergidas sobre la superficie del campo en cada sub-subparcela.....	26
4.	Temperatura máxima, mínima del aire y distribución de lluvia durante la época de emergencia de malezas en el campo. A y B corresponden al 1º y 2º recuento de superficie. ....	27
5.	Temperatura máxima, mínima del aire y distribución de lluvias durante la época de emergencia de malezas en el campo. C y D corresponden al 3º y 4º recuento de superficie. ....	28
6.	Diagrama del método utilizado para la toma del perfil del suelo en cada sub-subparcela.....	29
7.	Temperatura máxima y mínima durante los 10 primeros días de emergencia de plántulas en el invernadero. B, C y D corresponden a las tres últimas lecturas de la tercera época de muestreo de suelo. ....	34
8.	Temperatura máxima y mínima durante los 10 primeros días de emergencia de plántulas en el invernadero. A B, C y D corresponden a las cuatro lecturas de la cuarta época de muestreo de suelo. ....	35
9.	Temperatura máxima y mínima durante los 10 primeros días de emergencia de plántulas en el invernadero. A B, C y D corresponden a las cuatro lecturas de la quinta época de muestreo de suelo. ....	36
10.	Gráfica del CP2 vs CP1 para la labranza convencional y cero, durante las cuatro épocas de los recuentos de malezas en la superficie del campo. ....	48
11.	Gráfica del CP2 vs CP1 para la labranza convencional y cero, durante cinco épocas de los recuentos de plántulas de malezas en invernadero. ....	54

12.	Comportamiento de la asociación de malezas del CP1 en las dos secciones del perfil y los dos sistemas de labranza a través del tiempo. ....	55
13.	Gráfica del CP2 vs CP1 para sistemas de cultivo de los recuentos de plántulas de malezas en el invernadero. ....	56
14.	Comportamiento de la asociación de malezas del CP1 en los sistemas de cultivo a través del tiempo. ....	57
15.	Comportamiento de la asociación de malezas del CP2 en los dos sistemas de labranza a través del tiempo. ....	57

## INTRODUCCION

Las malezas continúan siendo un serio problema para la producción agrícola, puesto que los cultivos se rigen bajo el principio de competencia que dice que quien llega primero es quien se sirve de los recursos del suelo y por tanto gana primero el espacio. Esto nos indica el aspecto dinámico de la competencia entre las plantas y el papel limitante que pueden jugar las malezas.

Los costos de producción agrícola en muchos de los sistemas de producción aumentan notoriamente año con año, debido al aumento del costo de las prácticas de control. Algunas de las dificultades que presentan los sistemas de control de malezas se relacionan con la erosión del suelo y el requerimiento de conocimiento tecnológico del productor y aún así, las pérdidas en rendimiento por competencia de malezas pueden ser altas.

La densidad y tipo de maleza que crece en un campo de cultivo está íntimamente relacionada a otros factores de producción como la labranza, rotación de cultivos y el manejo de otras plagas. Todo lo anterior ha sido ampliamente estudiado para zonas de clima templado, pero en nuestro medio se requiere todavía de muchos estudios sobre los aspectos biológicos y ecológicos de este variado grupo de plantas, especialmente en lo que se relaciona con la dinámica de las semillas de malezas en el suelo. Es la reserva de semillas en el suelo o Banco de Semillas donde las malezas basan su estrategia invasora y competitiva.

Es por esta razón que el presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto que puedan tener algunas prácticas de cultivo sobre el banco de semillas de malezas en el suelo y sobre la dinámica de la población de las malezas en el campo.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 - Manejo de malezas

#### 2.1.1 - Conceptos generales

En términos generales las definiciones de manejo de malezas estan orientadas a la relación que debe existir entre la protección del medio ambiente y la obtención de una producción agrícola favorable al hombre. Así, Aldrich (1984) define el manejo de malezas como un acercamiento en donde la prevención de malezas y el control de éstas tienen un papel complementario, en sistemas donde todas las herramientas disponibles son utilizadas para reducir el banco de semillas, prevenir la emergencia de las malezas con los cultivos y minimizar la competencia de las malezas que crecen en los cultivos. Dicho acercamiento también implica la consideración de las malezas en un contexto amplio de su interacción con las prácticas de producción.

Este manejo requiere el conocimiento de las malezas en sí y de los factores ecológicos que las afecta. Así como por ejemplo, la ecología de poblaciones que es la rama de la ecología que estudia los factores que regulan la abundancia de especies en su ambiente tanto en el tiempo como en el espacio.

El estudio de la ecología de malezas no es sencillo; un ejemplo es la invasión de malezas a los sistemas de producción, sus consecuencias sobre la productividad, variaciones temporales y espaciales de los niveles de infestación que son procesos que no pueden deducirse de los conocimientos sobre la estructura y funcionamiento de los individuos de tal o cual especie, ni pueden hacerse extensibles a todas las poblaciones que puedan encontrarse de la misma.

Por esta razón es que el manejo de malezas debe considerar objetivos inmediatos y a largo plazo (Mortimer, 1987).

Un programa encaminado al manejo de malezas puede comprender algunas de las siguientes actividades (Shaw, 1982):

- Sistemas de labranza para la siembra
- Sistemas de siembra: densidad y distancia entre surco
- Tipos de cultivos que desarrollan rápida cobertura

- Irrigación
- Cultivadas oportunas
- Rotación apropiada de cultivos
- Diversificación
- Medidas sanitarias de campo
- Uso del control biológico
- Uso adecuado del control químico, etc.

Desde el punto de vista ecológico, el manejo de malezas incluye la prevención y el control. En conjunto 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 (Fernández, 1989). Además, el control de malezas es una medida a corto plazo que de acuerdo con Radosevich y Holt (1984), típicamente se ha enfocado siempre al tratamiento de los síntomas, o sea la presencia de las malezas, en lugar de la observancia de la dinámica de las comunidades de malezas-cultivos y a la predicción sistemática y organizada de la aparición de las malezas en función de su impacto sobre los cultivos. Por esta razón gran número de las actividades de control de malezas, en particular, son de carácter profiláctico y lo son en el sentido que el productor utiliza las técnicas del control de malezas con un limitado conocimiento sobre las implicaciones económicas de la plaga (Vandermeer y Andow, 1986).

Se dice que la prevención es la base de los programas de manejo de malezas. Esta actividad puede realizarse en referencia a las etapas del desarrollo de las malezas (emergencia, crecimiento-maduración y reproducción), mediante la utilización de las correspondientes estrategias de prevención que serían: la reducción en la emergencia, la minimización de la competencia y la reducción de los propágulos (Aldrich, 1984).

Este mismo autor indica que la prevención y el control de malezas pueden ser vistos de una mejor manera como partes complementarias de un programa total, no como alternativas, debido a que el control es entonces un componente en el proceso de manejo, que puede dirigirse a cada una de las estrategias de prevención.

## **2.2 Biología de semillas de malezas.**

Las propiedades del banco de semillas de malezas están íntimamente ligadas a la naturaleza biológica de éstas. En la mayoría de las semillas de malezas ocurren períodos de

latencia. Una semilla es latente si cuando estando viable no germina a pesar de que se le den condiciones adecuadas o se le suministren aquellos factores que se consideran normales para su germinación: temperatura, humedad, aire, etc. Ellis *et al* (1985), mencionan que aún cuando muchos fisiólogos no lo aceptan así, se pueden considerar tres tipos de latencia:

- a) Latencia innata (primaria, natural, inherente, endógena). Se refiere a la latencia presente al momento en que el embrión deja de crecer y cuando todavía está adherido a la planta madre. Esta latencia evita que la semilla germine vivíparamente y también por algún tiempo después de que se ha desprendido de la planta madre. En los bancos de semillas se pueden encontrar una buena proporción de semillas con este tipo de latencia. Baskin y Baskin (1985) opinan que las semillas innatamente latentes no germinarán bajo condiciones normales de ambiente y las semillas no latentes germinarán a través del amplio rango de condiciones posibles para la especie.
- b) Latencia obligada (ambiental, forzada, impuesta). Se refiere a la imposibilidad de germinación debida a ciertas limitantes. El término es muy usado para referirse a semillas que permanecen enterradas en el suelo y que sólo germinan cuando por efecto de las labores de preparación del terreno son traídas a la superficie. La falta de luz y la carencia de fluctuaciones en la temperatura parecen ser las condiciones que impiden la germinación de las semillas enterradas. Esta latencia es importante en semillas de malezas y se rompe cuando sobre la superficie del terreno las semillas son expuestas a las fluctuaciones fuertes de temperatura y a la luz.
- c) Latencia inducida (secundaria). Después de que una semilla ha perdido su latencia innata es posible inducirle de nuevo latencia. Comúnmente se presenta cuando a la semilla se le suministra el agua adecuada para su germinación, pero con temperaturas altas y baja tensión de oxígeno. Bajo estas condiciones la semilla falla en germinar y también falla cuando subsecuentemente se transfiere a un medio que es favorable para la germinación de semillas no latentes. 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 obligada.

Existen diferencias entre los fenómenos que se consideran como responsables de la latencia (latencia innata, latencia forzada, latencia inducida, dureza de semilla) y aquellos fenómenos que pueden erróneamente tomarse como latencia: sensibilidad al agua, daños de inbibición, semillas no viables.

La latencia conserva las semillas viables por algún tiempo o muchos años, mientras éstas encuentran un lugar propicio para establecerse. De esta manera el fenómeno se manifiesta como una estrategia en la distribución en el espacio, el tiempo y en la conservación de una especie.

Así, ecológicamente la latencia cumple su función por cuanto los mejores elementos para romperla los encuentra la semilla en su habitat.

Baskin y Baskin (1985) no difieren mucho en la interpretación de latencia descrita anteriormente por Ellis, *et al* (1985). Ellos mencionan que los cambios bioquímicos hasta ahora no definidos que ocurren en semillas y que ocasionan que se conviertan de un estado de latencia innata a un estado de no latencia, son conocidas colectivamente como posmaduración.

Según estos autores las semillas no cambian abruptamente de latencia a no latencia; en vez de eso ellas pasan a través de un estado conocido como *latencia condicional* o estado durante el cual ellas germinan solo bajo un limitado rango de condiciones ambientales. Conforme la posmaduración continúa, las semillas bajo esa latencia condicionada se convierten en no latentes. Por lo tanto, existe un gradiente o continuum de cambios en respuesta de germinación al pasar las semillas de un estado de latencia condicional a uno de no latencia.

Como se indicó, la latencia exhibida a la madurez por semillas en una planta madre es la latencia primaria y ésta puede ser primaria innata o primaria condicional. Las semillas que son no latentes a la madurez y las semillas latentes que han posmadurado pueden ser inducidas de regreso a la latencia bajo ciertas condiciones. Este tipo de latencia, que se conoce como latencia secundaria, también puede ser secundaria innata o secundaria condicional.

Cuando las semillas de malezas se encuentran enterradas en el suelo, las condiciones ambientales hacen que las semillas rompan o inicien la latencia. Además, bajo estas condiciones pueden modificarse los requerimientos ambientales para romper la latencia (Baskin y Baskin, 1987).

Hay semillas de malezas que permanecen viables en el suelo por varios años porque las condiciones microambientales estimulan el mantenimiento de la condición de latencia primaria, secundaria o impuesta (Roberts, 1970). El tiempo que una semilla puede permanecer viable dentro del banco de semillas con capacidad de germinar, ha sido motivo de varios estudios, los cuales muestran una diversidad de resultados, desde semillas que han durado 100 años y siguen viables, hasta las que han perdido su viabilidad en solamente cinco años (Aldrich, 1984). Indudablemente que estos resultados dependen en mucho de la especie de maleza y las

condiciones a las que ha sido sometida la semilla durante su entierro. Sin embargo, estos estudios no toman en cuenta cuál sería la situación si desde el inicio se tuviera una población de semillas de diferentes edades (nuevas y viejas), situación que se da en la realidad.

Igualmente se debería considerar el efecto de la labranza año tras año sobre la viabilidad de la semilla, ya que la longevidad de las semillas en el banco depende de estos factores.

La longevidad de las semillas se incrementa con la profundidad y disminuye en las capas superficiales del suelo (Aldrich, 1984) debido, principalmente a que a mayor profundidad se produce una menor amplitud de ciclos termales, menos luz, mayor concentración de CO<sub>2</sub>, mayor y más constante contenido de humedad, todo lo cual induce la latencia de las semillas y de esta forma permanecen viables por más años.

En cambio, las semillas de la superficie y capas superficiales del suelo se ven afectadas por condiciones climáticas que favorecen la germinación, la ruptura de la latencia y la pérdida de la viabilidad, causadas por macro y microorganismos y condiciones adversas del ambiente una vez iniciada la germinación (Pareja, 1988).

### **2.3. Germinación de semillas de malezas.**

Hutchings (1986) citando a Harper (1961), quien llama microsítios a los lugares seguros que cumplen los requisitos para germinación requeridos por cualquier especie (suficiente agua y oxígeno, luz y temperatura correcta, etc.). El reclutamiento (emergencia) de plántulas dependerá entonces de la distribución espacial de los microsítios, lo que a su vez estará modificado por el disturbio de la superficie del suelo. Sin embargo, algunas evidencias indican que la germinación de algunas semillas pueden también modificar el microambiente de tal manera que la germinación de otras semillas de la misma especie puede ser promovida o inhibidas.

El comportamiento de denso-dependencia es en algunos casos un factor regulador. La mayor ventaja de una germinación que responde negativamente al incremento en la densidad de las semillas puede ser el que se impide la producción de una población densa y altamente competitiva de plántulas.

El resultado de esto es de que siempre se conservará en el suelo una población de semillas con posibilidades de germinar al mismo tiempo que se protege la población emergida

de factores negativos de mortalidad denso dependiente (Hutchings, 1986). Para *Eleusine* sp. por ejemplo, este factor de regulación no se da en los estudios en maceteros y del campo debido a la eliminación de otras especies que ayudan a regular la germinación de dicha especie. Parecería entonces que el banco de semillas se comporta como un solo organismo que ésta regulado por sus propias leyes y la interacción con el medio ambiente.

Se debe tener presente también que una población de plantas se caracteriza mediante la expresión de sus diferentes elementos estructurales: genético, espacial, de comportamiento y de edad (Hutchings, 1986). Los factores bióticos y abióticos son determinantes en la expresión de dichas características y cuando se trata de malezas, estas características participan de manera definitiva en las manifestaciones de agresividad de ellas.

Existen muchos factores que afectan la germinación de semillas en el suelo, como por ejemplo la temperatura, la humedad del suelo, la luz, y las concentraciones de etileno, nitrato, oxígeno y dióxido de carbono. Estos constituyen el medio ambiente que las rodean y los cuales influyen en la manifestación de los procesos fisiológicos internos propios de la semilla de acuerdo a su especie (Schafer y Chilcote, 1970; Bewley y Black, 1985).

Se ha determinado en condiciones de clima templado que variaciones de temperatura entre 0 y 15°C rompen latencia primaria y variaciones entre 18 y 27°C estimulan la germinación de algunas especies de malezas, lo que indico que la temperatura influye en la determinación del período de germinación en el campo (Karssen, 1981). Sin embargo, las fluctuaciones de temperatura disminuyen al aumentar la profundidad del suelo, puesto que el contenido de humedad aumenta con la profundidad, lo que hace que la temperatura sea más uniforme (Egley y Chandler, 1983).

Importante en la germinación de semillas es la calidad y cantidad de luz que reciben y el efecto que el fitocromo ejerce sobre la inhibición o promoción de ésta, ya que la mayoría de las semillas son sensibles a la luz, excepto las semillas que presentan barreras al consumo de oxígeno y especies con semillas grandes (Taylorson, 1982; Ross, 1984). Egley (1985) y Roberts (1987) citados por Roberts et al (1987) indican que por causa del enterramiento, las semillas están en completa oscuridad y de esta manera logran sobrevivir, ya que si germinaran no tendrían reservas suficientes para que la plántula llegue a la superficie. Esto constituye una estrategia de las semillas enterradas en el suelo para sobrevivir. Por esta razón el disturbio en el suelo con maquinaria agrícola propicia la exposición de las semillas a la luz natural y favorece la germinación.

Chancellor (1964) indica que la mayoría de las semillas en el suelo no emergen a más de 1 o 2 pulgadas de profundidad en condiciones de campo. Una profundidad de 12 pulgadas será suficiente para "enterrar", con la preparación del terreno, la mayoría de las semillas de malezas. En el perfil superficial del suelo apto para la germinación y emergencia de las semillas no se encuentra en medio de condiciones uniformes. Las variables físicas y biológicas en esta capa de suelo ofrecen un mosaico de condiciones para la germinación, lo cual constituyen lo que se ha denominado como micrositios.

Los estudios de los principios del control ambiental de germinación pueden conducirnos a la interpretación y eventualmente, a la predicción del comportamiento en el campo de algunas malezas problemáticas (Baskin y Baskin, 1985).

#### 2.4. Banco de semillas.

Darwin (1859) fue probablemente la primera persona en referirse al banco de semillas cuando en su libro "El Origen de las Especies" se refirió al éxito de las malezas como tales. Este se debe principalmente a las diversas estrategias colonizadoras, a su persistencia en el suelo y a una abundante producción de semillas por planta, lo que es evidente en su gran capacidad de infestación a campos agrícolas.

Baskin y Baskin (1985) citan varios trabajos donde se demuestra que el número de semillas en la capa superficial del suelo (15-25 cm) en campos cultivados puede ser tan alto como 70,000 a 90,000 semillas por m<sup>2</sup> y el 95% puede estar formado por contribuciones de las malezas anuales. También Andino Medrano (1989) ha informado sobre el caso de un banco de semillas del suelo en áreas del trópico húmedo, con un valor promedio de 460 millones de semillas/ha. Estos altos valores para el banco se explican cuando vemos que una sola especie como *Eleusine* sp. es capaz de producir 30,000 semillas/planta (Gomez y Rivera, 1987).

El banco de semillas de malezas en el suelo ha sido definido generalmente como la colección de semillas viables y latentes en un área definida (Bigdwood y Inouye, 1988). Pero las ideas más comunmente implicadas en el término de banco de semillas son las de colección, población, depósito, reserva o agregado de semillas sobre y en perfil superficial del suelo.

Aldrich (1984) define el banco de semillas como "la población de semillas en el suelo, de diferente edad, ya sea en latencia o listas para germinar y emerger cuando las condiciones sean favorables". Por su parte, Harper (1977) define el banco de semillas como un depósito de semillas enterradas en el suelo y compuesto tanto por semillas producidas in situ, como por las

que han llegado al área por diferentes medios de dispersión.

Baker (1989) menciona que un banco o una reserva de semillas es un agregado de semillas sin germinar, capaces de reemplazar a las plantas adultas anuales o perennes que por cualquier circunstancia mueran.

En general, el banco de semillas del suelo se refiere a todas las semillas y frutos, tales como aquenios (la mayoría de las gramíneas) y cariopses que se encuentran bien sea sobre o dentro del suelo (Garwood, 1989). La dinámica del banco de semillas garantiza la habilidad de la comunidad para mantenerse y para responder a los cambios. El reservorio de semillas en el suelo puede contener diversas especies, genotipos y fenotipos que proveen flexibilidad substancial como respuesta potencial de la comunidad (Leck, Parker y Simpson, 1989).

Las prácticas de control utilizadas por el hombre en sus campos agrícolas y las condiciones adversas a que son sometidas las malezas a través de su coevolución con las especies de plantas cultivadas han hecho que las malezas desarrollen mecanismos efectivos de supervivencia, especialmente estrategias reproductivas. Debido a que dichas estrategias tienen que ver con los continuos disturbios asociados por las labores de cultivo, se les denomina malezas agrícolas o agrestales (Grime, 1977).

Thompson y Grime (1979) han clasificado en dos grupos a las malezas con relación a su permanencia en el banco de semillas. Uno de estos lo constituyen las especies con banco de semillas transitorio, en las cuales sus semillas germinan o mueren dentro del año siguiente a su dispersión. El otro grupo lo constituyen las especies con persistencia en el banco de semillas por más de un año.

Un aspecto crítico en los estudios del banco de semillas lo constituye su patrón de distribución en el perfil y sobre la superficie del suelo. En cuanto a la distribución espacial, se conoce la distribución "regular" cuando es más uniforme y "agregada" o contagiosa cuando es más en grupos que al azar. Estos tipos de distribución, de acuerdo a Hutchings (1986) están determinados por la acción conjunta de factores como:

- a) La distribución de los padres que producen las semillas, en forma de lluvia de semillas.
- b) La tendencia a la distribución en los alrededores de la planta madre causado por el golpe de la lluvia, granizo, animales y la vegetación que intercepta la caída de las semillas al suelo, lo que les puede causar la muerte a muchas de ellas.

- c) La existencia de agentes forrajeros que pueden coleccionar y acumular en sitios diferentes las semillas o redistribuir las que se encuentran agregadas.
- d) La distribución espacial en el suelo de sitios propicios o adecuados para la germinación.

## 2.5. Efecto de la labranza sobre el banco de semillas.

El ambiente del suelo es frecuentemente manipulado mediante diferentes labores tales como las aplicaciones de herbicidas, insecticidas, fertilizantes sintéticos o naturales etc., los cuales modifican el ambiente químico del suelo. A estas modificaciones hay que agregarle otra de especial importancia la cual es efectuada por la labranza que modifica muchas de sus propiedades físicas (Roberts y Dawkins, 1967; Dick, 1984).

Como se indicó antes, las condiciones ambientales que se presentan en el suelo determinan en las semillas de las malezas su destino final: germinación, latencia o pérdida de viabilidad. La germinación de semillas en el suelo es el resultado de un conjunto complejo de factores y uno de los más importantes es la labranza, ya que ésta modifica sustancialmente la atmósfera de las semillas sobre y dentro del perfil del suelo. El laboreo del suelo es una de las prácticas agronómicas más antiguas y cuyos objetivos han variado desde los requeridos para preparar una buena cama para la semilla del cultivo hasta los de eliminación de las malezas emergidas (Pareja, 1986).

Muchas de las semillas de malezas son incorporadas al suelo en forma natural ya sea por animales, hendiduras y a través de los macroporos del suelo. Es frecuente su incorporación en forma artificial, en campos agrícolas principalmente, a través de las labranzas (Pareja, 1988).

Las semillas que forman el banco se encuentran distribuidas desde la superficie hasta cierta profundidad de la capa arable, dependiendo esta distribución fundamentalmente del tipo de laboreo que el suelo reciba (Pareja *et al*, 1985; Pareja, 1988).

Las semillas que se encuentran en las capas más superficiales del suelo son las que primero están involucradas en el manejo de malezas, debido a que de ellas depende la cantidad de especies y el número de cada una de ellas presentes como problema en el cultivo cada año (Aldrich, 1984). La composición y densidad de la flora de malezas es, generalmente, un reflejo del sistema agrícola empleado, (Froud-Williams *et al*, 1983a), donde el laboreo tiene gran influencia sobre la abundancia de especies de malezas individuales (Loursen y Hass,

1971), citados por (Froud-Williams *et al*, 1983a).

En general, se ha encontrado que la labranza del suelo es un promotor de la germinación y la emergencia de plántulas en el campo. Esto es debido al estímulo que produce el disturbio del suelo sobre las semillas, ya que las trae a la superficie del suelo donde la semilla puede romper su latencia al recibir luz, mejorar la aireación, y quedar expuesta a fluctuaciones de temperatura y humedad (Taylorson, 1970; Egley, 1986).

Se ha indicado 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, número y tipo de los agregados del suelo. Esto a su vez modifica las características de los micrositos de las semillas en el suelo (Evans y Young, 1972; Pareja, 1984).

Utilizando un modelo basado en la respuesta de densidad-dependencia de las malezas, Cousens y Moss (1990) indican que el efecto de las labranzas en la distribución vertical de las semillas de las malezas puede ayudar en la predicción de la dinámica de una maleza.

Para las especies anuales de reproducción por semilla sexual, las labores de labranza favorecen su permanencia por cuanto a la vez que se traen mediante el arado semillas a la superficie para que germinen, se entierran otras que permanecen como reserva en el banco. Sin embargo, bajo condiciones de cero labranza, la mayoría de las semillas anuales permanecen sobre la superficie del suelo donde estarán en condiciones de germinar, exponiéndose así a su destrucción mediante las prácticas de control (Froud-Williams *et al*, 1983a).

Trabajos realizados por Egley y Williams (1990) sobre el efecto de los disturbios del suelo durante cinco años en la declinación de la semillas de las malezas y en emergencia de plántulas, estos autores afirman que una estrategia para reducir a largo plazo la supervivencia de semillas de malezas se logra mediante la no labranza de la tierra por lo menos durante un año después de dispersadas semillas frescas en la superficie del suelo.

De acuerdo con Aldrich (1984) la menor cantidad de plántulas sobre la superficie del suelo, bajo cero labranza, podría deberse a que las semillas solamente encontrarían sitios más favorables y protegidos sobre la superficie siempre y cuando existan residuos de cosecha que les den protección en humedad y temperatura.

Shenk *et al* (1983) estudiaron durante cinco años en suelos del trópico húmedo de Costa Rica el efecto de tres prácticas de labranza (cero, convencional y mínima) sobre la población de las malezas existentes en cultivos de maíz. Entre otras cosas obtuvieron una aparente

correlación entre la cobertura del suelo y el complejo de malezas existente, siendo más eficiente el combate de malezas en la cero labranza.

En una investigación más reciente, igualmente bajo condiciones del trópico húmedo, se estudió el efecto de diferentes tipos de labranza, incluyendo cero labranza, sobre la fluctuación de las poblaciones de malezas a través de tres ciclos de cultivos en rotación. Se concluyó que las labranzas no afectaron la población total de las malezas emergidas en el campo ni la cantidad total de semillas almacenada en el banco, pero sí la densidad de algunas especies en particular (Andino Medrano, 1989).

Cardina et al (1991) sostienen que muchas observaciones sobre los efectos de prácticas culturales en bancos de semillas de malezas han sido limitadas por la duración de aquéllas. Además, una rotación de cultivo por unas pocas temporadas de crecimiento no será suficiente para que sus efectos logren manifestarse sobre la dinámica del banco de semillas. Según estos autores, se requieren de cuatro a diez años para que una práctica de cultivo como la rotación o las labranzas logren expresarse sobre el comportamiento del banco de semillas.

El efecto de las labranzas sobre la reserva de semillas en el suelo puede tener diferentes manifestaciones. Roberts y Dawkins (1967) encontraron una más rápida disminución de las reservas del suelo cuando se hicieron cultivadas que cuando el suelo no fué disturbado.

Esto se debió a una mayor germinación de semillas en presencia de labranza. Sin embargo, Cardina et al (1991) encontraron una mayor densidad de semillas de malezas en el banco en suelos sin labranza que en aquellos con labranza mínima y convencional.

Algunos autores (Ogg y Dowson, 1984; Teasdale et al, 1991) han encontrado que la respuesta a la labranza depende de la especie de maleza. Otros autores opinan que no siempre la labranza es un factor importante en la declinación del banco. Para *R. cochinchinensis* por ejemplo, las labranzas sólo aceleran en un 10% la pérdida de semillas del banco (Bridgemohan et al, 1991).

En suelos de trópico húmedo el tiempo de permanencia bajo un sistema de labranza es importante para la estabilización de la población de malezas. Sin embargo, en un reciete trabajo realizado en Canada, con dos ciclos de rotación maíz-soya fueron suficientes para que el tipo de labranza logrará manifestar su efecto sobre la población de malezas (Benoit et al 1991).

Andino (1989) estudió la distribución de semillas de malezas en parcelas que habían

permanecido bajo diferentes sistemas de labranza por dos años y no encontró diferencias entre tratamientos en la densidad de malezas emergidas en el campo ni en el número total de las semillas de éstas en el perfil del suelo. Solamente algunas especies como *Bidens pilosa* presentaron mayor densidad en la cero labranza.

Vargas (1988), trabajando en parcelas que habían permanecido bajo tres sistemas de labranza por nueve años, encontró diferencias estadísticamente significativas entre labranzas, tanto para el total de semillas en el perfil del suelo como para el número de plántulas emergidas en el campo, siendo mayores bajo labranza convencional. En este trabajo se permitió la producción de semillas por la vegetación que crecía en el campo.

Cardina et al (1991) estudiaron el efecto a largo plazo de las labranzas en tres tipos de suelo y encontraron que después de 18 a 19 años el suelo sufrió cambios en las propiedades químicas (pH, C, N y P) y biológicas (acción enzimática) por efecto de las labranzas. Esto lógicamente afectaría la acción de herbicidas, la latencia de las semillas y el crecimiento de las malezas.

## **2.6. Efecto de las rotaciones de cultivo sobre la población de malezas.**

En muchas investigaciones se ha establecido que la labranza y la rotación de cultivo son herramientas importantes en el manejo de malezas. Hasta los años 40 en los Estados Unidos, la práctica de rotación de cultivos como ayuda en el manejo de suelos sirvió también como ayuda en aspectos de nutrición de las plantas. Dicha práctica dejó de utilizarse con la introducción de fuentes sintéticas de nitrógeno, en reemplazo del nitrógeno aportado por las leguminosas usadas en las rotaciones y aún más con la introducción de nuevos y más eficaces plaguicidas (Walker y Buchanan, 1982).

Una de las razones que justifican la rotación de cultivos es la de facilitar el manejo de las malezas aprovechando las diferencias morfológicas, fisiológicas y prácticas culturales que en la producción del cultivo pueden perjudicar a un grupo particular de malezas. Además, permite la rotación de herbicidas usados en la secuencia de los cultivos (Harper, 1956, citado por Johnson y Coble, 1986).

Harper (1977) considera que la rotación de cultivos tiene mucho efecto sobre las poblaciones de malezas, pudiendo diseñarse dicha actividad, por lo menos parcialmente, como una manera de controlar malezas. Bajo el sistema de monocultivo las malezas pueden competir exitosamente con las plantas cultivadas y pueden llegar a alcanzar proporciones epidémicas.

La secuencia de siembra en rotación o de un mismo cultivo continuamente (monocultivo) favorece ciertas especies de malezas, las que toleran las prácticas de cultivo existentes. Dichas especies llegan a ser abundantes en el banco de semillas, resultando en cambios en la flora de cultivos subsiguientes. Este hecho fue demostrado en un estudio en el cual dicho efecto fue más evidente en parcelas que recibieron arado de cincel que en las que se usó arado de reja (Ball y Miller, 1989).

## 2.7. Acción de depredadores sobre semillas de malezas en el banco.

Con relación al papel de los depredadores sobre el banco de semillas, Louda (1989) opina que los estudios que se han realizado para medir el efecto de la depredación en el banco de semillas han sido escasos o de difícil seguimiento y que el consumo de semillas es una estrategia mayormente gustativa que puede causar pérdidas significativas de semillas.

Debido a las distintas formas de distribución espacial de semillas, la depredación de estas o la competencia dentro de especies (denso-dependencia) puede resultar en un aumento en la mortalidad si las semillas están agrupadas (Bigwood e Inouye, 1988).

Tradicionalmente los análisis de depredación en el banco de semillas se han restringido a considerar las semillas que han sido incorporadas en el suelo. Sin embargo, el consumo de flores y de óvulos en desarrollo también puede influenciar en la entrada y flujo de semillas al banco. Por lo tanto, la depredación de semillas en la planta también debe ser considerada como un proceso importante en la dinámica del banco de semillas.

Mediante la acción colectiva, los depredadores de semillas crean una presión de selección en favor de semillas más pequeñas y de semillas de cubierta dura, las cuales persistirán en el suelo, mientras que las más grandes y menos dispersas son consumidas. Es evidente entonces el efecto que la depredación de semillas tiene sobre el valor promedio de la población que de éstas permanece en el banco del suelo (Louda, 1989).

Sin embargo, Stinner *et al* (1988) al estudiar la comunidad de microartropodos (ácaros y colémbola) en el suelo bajo labranza convencional, reducida y cero, encontraron que la acción de estos organismos fue mayor en la cero labranza. La aplicación de insecticidas al suelo presentó muy poca o ninguna interferencia en la población de colémbola, que es el grupo con hábitos mixtos de alimentación. Además, la labranza reducida tiene un efecto positivo sobre la fauna de depredadores y artrópodos involucrados en la descomposición de residuos vegetales.

Claramente la depredación de semillas puede ser importante. Las diferencias en el daño entre individuos o entre especies puede ser significativa, como también en la dinámica de la planta, principalmente para especies que dependen de la regeneración por semillas para persistir en la vegetación, aún cuando la magnitud de las pérdidas sea pequeña (Louda 1989).

Brown y Lawrence (1991) estudiaron la evolución en la historia de vida del banco de semillas anuales en respuesta a la depredación y establecieron un modelo de la evolución en el cual tanto el banco de semillas como la distribución de fecundidad de los tipos anuales evolucionan en respuesta a dicha depredación de semillas.

La distribución de fecundidad se refiere al éxito reproductivo esperado de las semillas germinadas, cuando se comparan diferentes especies anuales.

Con dicho modelo los autores exploraron el impacto de la depredación de semillas sobre la latencia y sobre otros caracteres que determinan la distribución del éxito reproductivo en tipos anuales diferentes. La dinámica de selección explorada puede resultar en una acumulación temporal de la producción de semillas (años de abundancia) como respuesta a la depredación de semillas.

## **2.8. Longevidad de especies en el banco.**

El conocimiento de la longevidad de las semillas dentro del suelo es un elemento indispensable para la estimación del riesgo de infestación en parcelas agrícolas en suelos cultivados (Barralis et al, 1988).

Cuando se evitan nuevos abastecimientos de semillas de malezas al suelo, con el tiempo ocurre una alteración de la distribución y abundancia de semillas en el perfil. En perfiles superficiales bajo no laboreo las semillas viables pueden decrecer rápidamente (Fourber et al, 1977, citado por Froud-Williams et al, 1983b). En cambio, si no se evita el reabastecimiento de semillas, éstas se acumularán en gran número en el horizonte superficial (Chippindal y Milton, 1934, citados por Froud-Williams et al, 1983b). Este reabastecimiento generalmente se refiere a la producción in situ ya que, según Aldrich (1984), la entrada de semillas de afuera no agrega numéricamente al banco en forma significativa.

En un campo donde no se permita el reabastecimiento del banco de semillas, el tipo de labranza puede ejercer un efecto decisivo sobre la suerte que corra dicho banco de semillas. Así, en un estudio en Inglaterra en un campo hortícola en donde se impidió el reabastecimiento

de semillas al suelo, se encontró una reducción de 62% en la población total de semillas luego del primer año de cultivo y un 81% de reducción en la población original de semillas al final del segundo año de laboreo (Roberts, 1958).

Otro estudio realizado para observar la disminución o declinación de las semillas en relación con el tipo de laboreo en campos donde no se permite el reabastecimiento de semillas al banco, dio como resultado una disminución de 52.4% para parcelas no cultivadas y de 72.4% para parcelas aradas durante un período de un año (Froud-Williams *et al*, 1983b). También se señalan promedios de decrecimiento de semillas de 32% por año para suelos cultivados y 12% por año para suelos no disturbados, siempre y cuando se evite el reabastecimiento (Roberts y Feast, 1973). Esto sugiere que la disminución de las semillas a través de la germinación es más rápida en suelos cultivados que en aquéllos de no laboreo (Froud-Williams *et al*, 1983b).

Roberts y Dawkins (1967), en una investigación realizada durante seis años con el propósito de conocer el destino final de las semillas viables de malezas en los primeros 23 cm del perfil del suelo, y demostraron que el número de semillas decrecen exponencialmente con el tiempo siempre y cuando no se permita nueva producción de semillas. Las tasas anuales de pérdida fueron de 22% en suelos sin disturbios y entre 30 y 36% en suelos con labranza.

Roberts y Feast (1973) también mostraron que los promedios de decrecimiento de semillas fueron de 32% por año para suelos cultivados y 12% por año para suelos no disturbados, siempre y cuando se evite el reabastecimiento de semillas. También por efecto de las cultivadas en el tiempo, el número de semillas viables en el suelo decrece exponencialmente (Watanabe e Hirokawa, 1975; Egley y Williams, 1990).

Investigaciones realizadas por 25 años en tres suelos diferentes compararon el efecto de tres labranzas (cero, mínima y convencional) sobre las semillas de malezas en la superficie y el perfil del suelo hasta 15 cm de profundidad. Los resultados finales muestran consistentemente que el banco de semillas es mayor bajo cero labranza en cada lugar. En la superficie la población de malezas fué más alta en cero labranza comparada con labranza convencional y mínima (Cardina *et al*, 1991).

## 2.9. Métodos de muestreo

Los métodos de muestreo deben considerar la relación entre número de especies y área estudiada, la cual nos indicaría la extensión de la muestra en la que se encuentren el mayor

número de especies de importancia en la comunidad. Dicha área se conoce como área mínima y se puede definir como aquella para la cual la pendiente de la curva en la relación especie/área alcanza un valor definido y estable (Margalef, 1982).

Las normas establecidas para realizar un censo de malezas obedecen a principios ecológicos que tienen que ver con la estructura y distribución espacial de sus poblaciones (Hutchings, 1986). La utilización de métodos estadísticos que ayudan con lo relativo a las técnicas de muestreo es entonces parte importante en estos estudios.

Los métodos de muestreo del banco de semillas se dirigen principalmente a investigar las características biológicas de las semillas y la densidad de éstas en el suelo, con el propósito de examinar su potencial de infestación de malezas en campos agrícolas.

Muy raras veces la comunidad vegetal está homogéneamente distribuida y por lo tanto es necesario tomar muestras de tamaño y número adecuados para incluir una mayor variación florística, cuantitativa y cualitativa de la comunidad.

Cuando se trata de muestreos de malezas en la superficie del suelo, uno de los métodos más utilizados es la cuadrícula, el cual consiste en un cuadro de metal o madera de diferentes dimensiones, de 0.25m x 0.25m a 1m x 1m de acuerdo al tipo de malezas a muestrear. Mediante estudios estadísticos se puede determinar el tamaño y número de muestra más eficiente con el propósito de obtener una muestra representativa. Una consideración básica a este respecto es la distribución espacial y la conveniencia de estratificar el área para buscar la mayor uniformidad posible (Cruz Pérez s.f.).

Mutch y Michalak (1985) realizaron un análisis comparativo de tres métodos de muestreo de malezas en maíz y concluyeron que el método del cuadrante (cuadrículas) provee un buen estimado de la abundancia relativa. Bajo condiciones normales, la abundancia de las diferentes especies en una comunidad sigue una distribución logarítmica normal determinada por las variables que modifican la presencia de dichas especies (Preston, 1948). El método de la cuadrícula ha sido especialmente útil en las actividades de control de malezas en post-emergencia.

Para la determinación de la densidad de malezas en el banco de semillas se requieren métodos especiales.

De acuerdo con un análisis del modelo de distribución espacial en el banco de semillas realizado por Bigdwood e Inouye (1988), las semillas de todas las malezas encontradas tienen

una distribución agrupada. La falta de tendencias definidas indican que la distribución espacial de las semillas está gobernada primeramente por factores ambientales y también, aunque en un menor grado, por factores biológicos. El método de análisis del modelo de distribución espacial desarrollado en esta investigación representa un progreso significativo en comparación del método tradicional de cuadrantes contiguos. Sin embargo, los autores no indican estudios en donde el patrón espacial de semillas en el suelo fuera realmente acertado. Además han sugerido que la precisión de organismos agrupados puede ser maximizado utilizando una estrategia de muestreo apropiada.

Bigdwood e Inouye (1988) citan a Champness (1949), quien afirmaba que el mayor problema con muchos de los estudios de banco de semillas es que las estimaciones del número de semillas es muy impreciso. Pero con el paso del tiempo y las investigaciones al respecto, se han obtenido resultados más confiables.

Para estudios de distribución de semillas enterradas, ya sea utilizando muestras de suelo al azar o con muestras contiguas, Thompson (1986) opina que el número de muestras de suelo empleadas generalmente ha sido relativamente pequeño (cerca de 20 muestras) y no existen evidencias de que este número sea suficiente para hacer estimaciones de la verdadera densidad del banco. Esto es particularmente cierto en el caso de distribuciones altamente conglomeradas.

Además de las dificultades inherentes al sistema de muestreo de suelo para los estudios del banco, se presenta una dificultad más en la determinación del número de semillas presentes en cada muestra, bien sea mediante métodos de extracción y separación de estas semillas, o mediante sistemas que promuevan la emergencia de las plántulas de malezas de la muestra de suelo.

El primer método es de laboratorio mientras que en el segundo se trabajó en maceteros, en invernadero o casa de malla. Para la extracción de semillas el método más eficaz ha sido el descrito por Malone en 1967.

La extracción de semillas de malezas en muestras de suelo tomadas en el campo es frecuente en los estudios de malezas, aunque resulta en muchos casos tediosa debido a la inversión de tiempo dedicado a cada muestra de suelo. Sin embargo, este método puede alcanzar altos grados de eficiencia.

Básicamente el método consiste en el lavado del suelo (100 g) que con anterioridad fue colocado en una solución acuosa de hexametáfosfato de sodio y bicarbonato de sodio, para

luego agregar sulfato de magnesio, el cual facilita la extracción de semillas por flotación. Para determinar la viabilidad de semillas colectadas se puede realizar una prueba con tetrazolium.

El método de estudio del banco de semillas mediante la germinación de semillas presentes en muestras de suelo es más sencillo pero puede requerir de mucho tiempo. Las muestras de suelo son esparcidas en una superficie plana o colocadas en maceteros de poca profundidad donde permanecen con suficiente grado de humedad para promover la germinación.

Las temperaturas deberán ser muy similares a las que se presentan en condiciones de campo. Cuando se presenta la primera germinación de malezas éstas se arrancan, identifican y se cuentan. Luego se remueve el suelo, se riega para promover una nueva germinación, repitiéndose el proceso varias veces hasta agotar las reservas de semillas en la muestra de suelo en estudio (Roberts y Dawkins, 1967; Ball y Miller, 1989; Egley y Williams, 1990).

Ball y Miller (1989) realizaron una comparación de la eficiencia del método de extracción física de semillas (Malone) con el de germinación de semillas en maceteros (invernadero) en la estimación del banco de semillas en el suelo y su relación con la flora de malezas. Aun cuando las lecturas de germinación en maceteros dieron una población inferior a la de Malone, los dos sistemas fueron iguales para evaluar el efecto de las variables (labranzas y herbicidas) sobre el banco.

Numata (1982) recomienda una metodología para estudios de semillas de malezas en el banco, en donde la unidad de muestreo y el tamaño de la muestra sean decididos de acuerdo con una curva de especies por volumen de suelo. El volumen mínimo en suelos agrícolas debe ser de aproximadamente 400 cc. De esta manera si la unidad de muestreo puede ser de 40 cc y el tamaño (número de muestras) puede ser 10. Generalmente las muestras de suelo también pueden estratificarse según la profundidad del suelo.

Un nuevo método para la estimación del número de semillas en el suelo ha sido descrito por Gross y Renner (1989), al cual denominan el sistema de "Elutration". Este consiste de una cámara de lavado de alta cinética en donde son lavadas las muestras de suelo por 10 min con una presión de aire (140 kPa) y agua (450 kPa), para luego pasar por el tubo de transferencia para pasar luego a un compartimiento donde están montados tres tamices (710, 425 y 243  $\mu\text{m}$ ) y en los cuales son retenidas las semillas.

Se cree que este sistema provee estimaciones confiables de densidades de semillas para

especies de malezas con un rango amplio de pesos de semillas (0.06 a 9.80 mg) y no tiene efecto sobre la viabilidad de las especies de semillas ensayadas. La "elutration" de muestras de suelo (hasta 60 g) tomadas de campos cultivados tardó aproximadamente 15 min. Sin embargo, la separación, clasificación y conteo de semillas consume mucho tiempo (20-30 min por cada muestra), pero provee un estimado preciso de la densidad de semillas para malezas con un diámetro superior a 0.5 mm.

## **2.10. Relación entre malezas en la superficie del suelo y el banco de semillas.**

Con mucha frecuencia nos vemos en la necesidad de estimar la capacidad de enmalezamiento de un campo. Para ello se ha pensado en tomar muestras del banco de semillas como instrumento de ayuda para tal fin.

Egley y Williams (1990) afirman que para poder comparar cuantitativamente la emergencia de plántulas de las muestras de suelo con la emergencia de plántulas en el campo, el número de plántulas que emergieron de cada muestra requirió de una multiplicación por un factor de conversión. El factor (339.1) fue obtenido dividiendo el volumen del suelo debajo del área promedio donde la emergencia de plántulas era determinada en el campo ( $78,000 \text{ cm}^3$ ) por el volumen de la muestra del suelo ( $230 \text{ cm}^3$ ).

En estudios realizados por Oka y Kmorishima (1982) para determinar la composición de la comunidad estos autores utilizaron los recuentos del banco de semillas. En estos estudios se observó una buena correlación ( $r=0.72$ ) entre la abundancia relativa de varias especies anuales de invierno dominantes en el banco y las encontradas directamente mediante las observaciones de la vegetación.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Descripción del área experimental

El trabajo de campo se realizó entre diciembre de 1989 y mayo de 1991 en un terreno que desde hacía 10 años se encontraba bajo condiciones continuas de labranza convencional y cero labranza.

El lote experimental está aislado de otros campos agrícolas, rodeado por áreas de pasto perenne lo que previene la contaminación con semillas de malezas que pudieran producirse en las áreas vecinas.

Los bordes estuvieron siempre tratados con herbicidas selectivos y de acción total. De esta manera se evitó la entrada de rizomas y estolones de los campos vecinos (potreros).

El lote, con una extensión de 3,456 m<sup>2</sup>, se ubica en la finca de Ganadería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, a una altura aproximada de 602 msnm, con una latitud norte de 9°53' y 83°38' de longitud oeste. Las malezas anotadas en este campo experimental bajo dos sistemas de labranza, se presentan en el Cuadro 1 (Saunders y Rojas, 1985).

Los promedios mensuales de fluctuación en la temperatura para el año 1990 y principios de 1991 se anotan en la Fig. 1. Para esta misma época el promedio de lluvia mensual fue de 218.7 mm (Fig. 2). La humedad relativa promedio de 88%; las horas de brillo solar, 131h promedio mensual; radiación solar media mensual 448.58  $\mu\text{J}/\text{m}^2$ ; y evaporación promedio mensual 87.4 mm (Departamento Meteorología, CATIE).

Cuadro 1. Malezas presentes bajo dos sistemas de labranza en el campo experimental. CATIE. Turrialba, C. R. 1985 (Saunders, J. y Rojas, E.).

M A L E Z A S Nombre científico	L A B R A N Z A S (1)	
	CERO	CONVENCIONAL
<i>Acalypha alopecuroides</i>	ACCAL	ACCAL
<i>Borreria latifolia</i>	BOILF	BOILF*
<i>Browalia americana</i>	BROAM	BROAM*
<i>Commelina diffusa</i>	COMDI	COMDI
<i>Cuphea carthaginensis</i>	CHPCA	CHPCA*
<i>Cyperus tenuis</i>	CYPTE	CYPTE
<i>Drymaria cordata</i>	DRYCO*	DRYCO*
<i>Eclipta alba</i>	ECLAL	ECLAL*
<i>Eleusine indica</i>	ELEIN	ELEIN*
<i>Emilia fosbergii</i>	EMIFO	EMIFO
<i>Erechtites hieraciifolia</i>	EREHI	EREHI
<i>Hyptis capitata</i>	HPYCA	HPYCA*
<i>Mimosa pudica</i>	MIMPU	MIMPU
<i>Mollugo verticillata</i>	MOLVE	MOLVE
<i>Phyllanthus niruri</i>	PHYNI	PHYNI*
<i>Sida rhombifolia</i>	SIDRH	SIDRH*
<i>Spananthe paniculata</i>	SPAPA	SPAPA*
<i>Spilanthus americanum</i>	SPLAM	.....
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	STCDI	STCDI
<i>Bidens pilosa</i>	.....	BIDPI
<i>Caperonia palustris</i>	.....	CAPPA
<i>Digitaria sp</i>	.....	DIGSS
<i>Gnaphalium sp</i>	.....	GNASS
<i>Ipomoea sp</i>	.....	IPOSS
<i>Killinga pumila</i>	.....	KILPU
<i>Lindernia crustacea</i>	.....	LIDCR
<i>Ludwigia decurrens</i>	.....	LUDE
<i>Oxalis corniculata</i>	.....	OXACO
<i>Physalis angulata</i>	.....	PHYAN
<i>Solanum americanum</i>	.....	SOLAM

\* Malezas predominantes. (1) Código de las especies según la WSSA.

No se dispuso de la información actualizada sobre temperatura máxima y mínima del suelo durante la presente investigación. Por considerar de importancia esta información en los estudios sobre germinación de semillas de malezas, estos datos se presenta en el Anexo N° 1A para las mismas épocas en que se realizaron los recuentos de germinación de malezas en la superficie del suelo, pero para el año anterior.

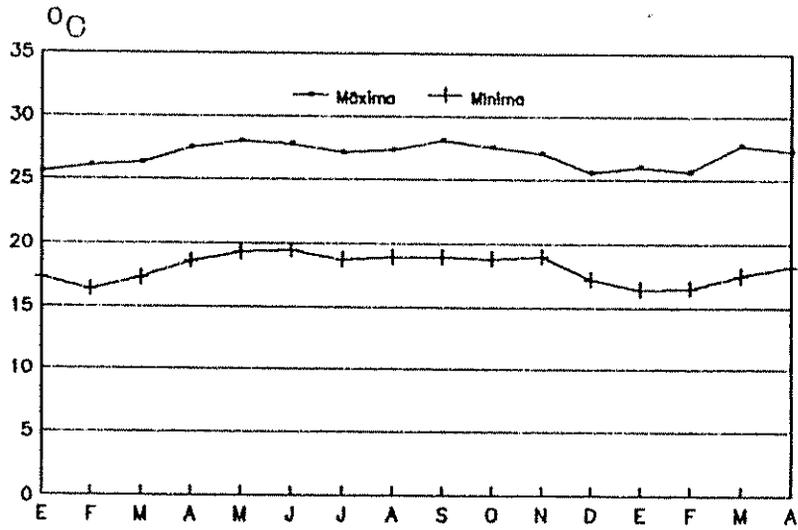


Figura 1. Temperatura máxima y mínima del aire. CATIE, Turrialba. 1990/91.

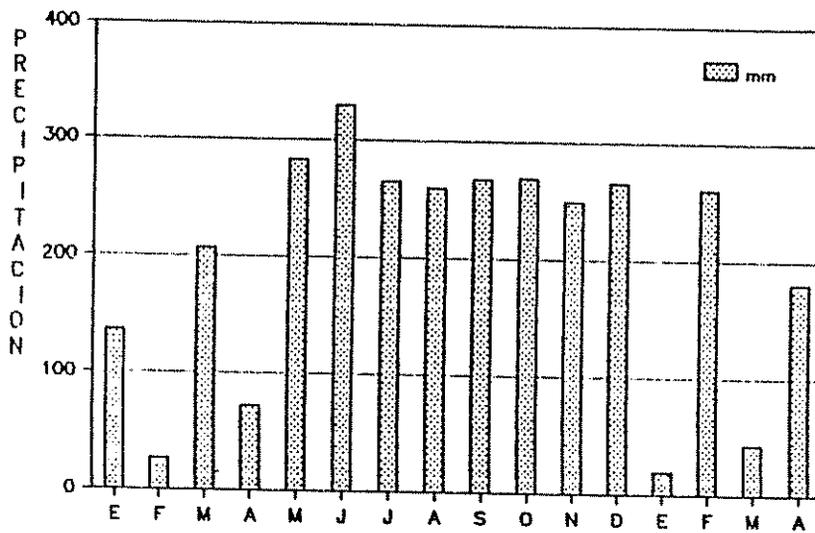


Figura 2. Precipitación mensual. CATIE, Turrialba. 1990/91.

El suelo es de origen aluvial y pertenece a la serie Juray con 1% de pendiente. El pH del suelo fué bajo (4.5) y el nivel de fertilidad presenta algunas deficiencias localizadas de Mg y Ca principalmente.

### 3.2. Descripción del trabajo experimental.

#### 3.2.1 - Establecimiento del experimento de campo

El estudio se realizó durante tres ciclos de cultivo de maíz y frijol, tal como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fechas de siembra y cosecha de los tres ciclos de cultivo estudiados. CATIE. Turrialba, C. R.

Ciclo de cultivo	Fecha Siembra	Fecha Cosecha*	
		Frijol	Maíz
Primero	20 Dic/89	Feb/90	Mar/90
Segundo	24 May/90	Jul/90	Ago/90
Tercero	12 Nov/90	Feb/91	Mar/91

\* Se cosechó primero el cultivo de frijol y luego el maíz, aproximadamente un mes más tarde.

La variedad de frijol utilizada fue "Negro Huasteco" y el cultivar de maíz "Tuxpeño". Los distanciamientos de siembra, las prácticas de control de enfermedades e insectos en el follaje y la fertilización se realizaron de acuerdo a las recomendaciones comerciales para estos cultivos. Para la determinación del rendimiento de cada tratamiento se cosechó una parcela útil de 5 x 4 m en el cultivo de maíz y 4 x 3 m en el de frijol.

El área del experimento había permanecido en barbecho durante todo el año 1989 y la población de malezas alcanzó una alta densidad, uniformemente distribuida en todo el campo. Durante los años anteriores estuvo sembrada siempre de maíz. Para la primera siembra fue necesario chapear mecánicamente la maleza, la cual se dejó secar sobre la superficie del campo para posteriormente retirar la cobertura muerta. Luego, se realizó la preparación del terreno en las parcelas correspondientes a labranza convencional.

Posteriormente, a lo largo de los ciclos de los cultivos se tuvo especial cuidado de no permitir la producción de nuevas semillas de malezas. Para tal efecto, durante la primera

siembra se aplicó una dosis baja de la mezcla de pendimetalina más linuron (0.66 + 0.5 kg ia/ha). Es de notar que esta dosis baja presentó una corta residualidad, pues se necesitaba iniciar los recuentos de germinación sobre la superficie después de un mes de la siembra. Con esta mezcla sólo se intentaba evitar la presión de las malezas durante las dos, o máximo tres, semanas siguientes a la siembra.

Una vez tomadas las primeras notas sobre germinación de malezas en la superficie del campo y las muestras de suelo para estudios de germinación en maceteros en casa de malla, se realizaron frecuentes deshierbas manuales durante todo el ciclo del cultivo. Las malezas que emergían en las calles del campo o en los bordes se controlaban con herbicidas de contacto no residuales o manualmente. En cuanto a las malezas que crecían entre una cosecha y la próxima siembra también se controlaron con herbicidas post-emergentes no residuales.

Durante el segundo ciclo de siembra no se utilizó herbicida pre-emergente, pero fue necesario aplicar fluazifop butil para controlar la abundante emergencia de gramíneas en el cultivo de frijol. El cultivo de maíz se deshierbó manualmente. Para el tercer ciclo de siembra el control fue siempre manual.

### 3.2.2 - Variables en estudio y diseño experimental.

Las variables en estudio incluyeron las siguientes tres prácticas agrícolas:

- a) Sistema de cultivo (parcela principal): monocultivo de frijol, monocultivo de maíz y rotación de maíz-frijol.

La siembra se realizó directamente en forma manual, por posturas, el maíz a una distancia de 0.50 m entre plantas y 1.0 m entre surcos y el frijol a 0.25 m entre plantas y 0.50 m entre surcos.

- b) Sistema de labranza (subparcela): labranza convencional y cero labranza (sin labranza). La labranza convencional consistió en un pase de arado de discos a 20 cm de profundidad y dos pases de rastra de discos 15 cm.
- c) Manejo de insectos del suelo (sub-subparcela): con y sin aplicación de insecticida al suelo al momento de la siembra.

Para el primer ciclo de siembra se utilizó el insecticida clorpirifos en dosis de 0.75 kg ia/ha. Para el segundo y tercer ciclo de siembra se usó carbofuran en dosis de 1.5 kg ia/ha.

Las dosis empleadas fueron superiores a la recomendada comercialmente con el propósito de lograr una mejor acción de control.

El diseño experimental utilizado en cada ciclo de cultivo fué el de bloques al azar en parcelas sub-sub-divididas con 4 repeticiones, donde el área total experimental fue de 3,456 m<sup>2</sup>, dividida de la siguiente forma: parcela principal de 24 x 12 m, la sub-parcela de 24 x 6 m y la sub-subparcela de 12 x 6 m.

### 3.2.3. Determinación del efecto de las variables sobre la población de malezas y semillas del suelo.

**Trabajo experimental de campo.** Se hicieron varios recuentos con el fin de medir el efecto de las distintas variables sobre la población de malezas en la superficie y en el banco de semillas de malezas de el suelo.

El recuento de malezas emergidas sobre la superficie del campo para cada uno de los ciclos de siembra se realizó solamente en las repeticiones I y IV del experimento. Sobre toda la superficie de cada sub-subparcela se marcaron cuadrículas de 2 x 1 m (720 en total para las dos repeticiones) y en cada una, con ayuda de un marco de 0.25 x 0.25 m tirado al azar dentro de la cuadrícula (Fig. 3) se contaron y clasificaron las malezas dentro del marco.

Dicho recuento se realizó un mes después de la primera siembra, cuando se estimaba que el efecto residual del tratamiento pre-emergente de malezas ya había pasado y en un momento en el cual la población de malezas era suficientemente grande y las especies fácilmente identificables.

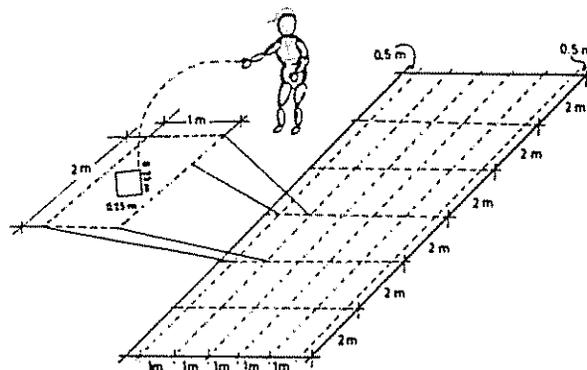


Figura 3. Diagrama del método de recuento de malezas emergidas sobre la superficie del campo en cada sub-subparcela.

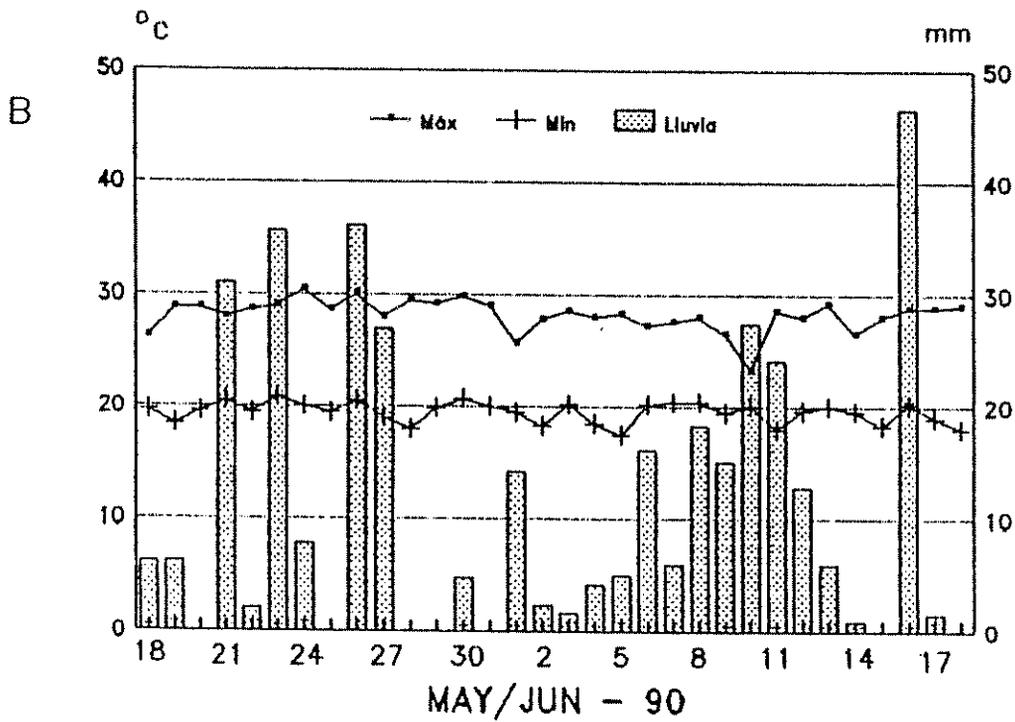
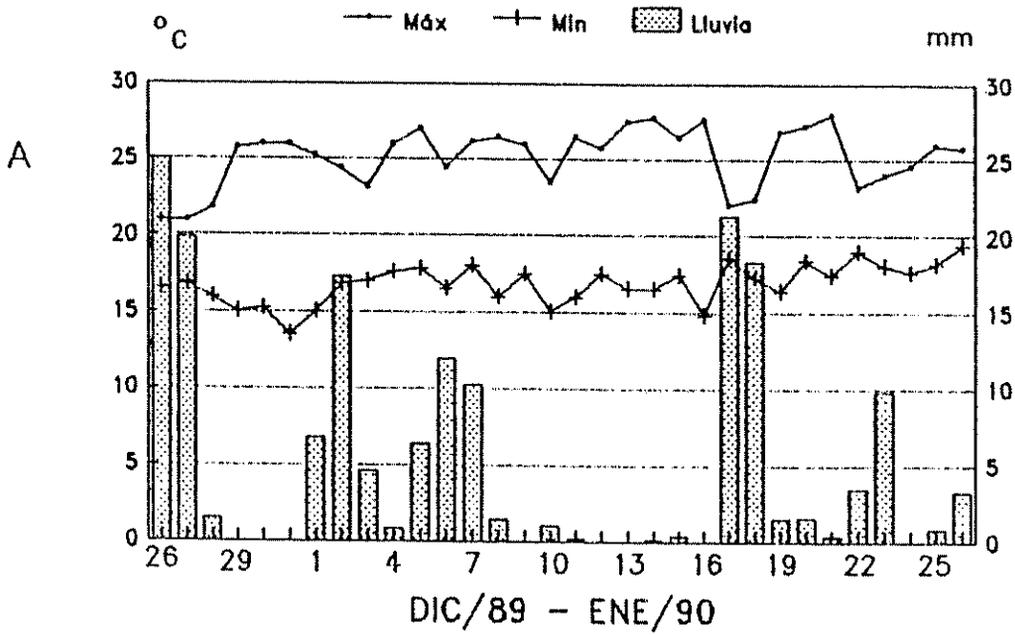


Figura 4. Temperatura máxima y mínima del aire y distribución de lluvia durante la época de emergencia de malezas en el campo. A y B corresponden al 1<sup>o</sup> y 2<sup>do</sup> recuento de superficie.

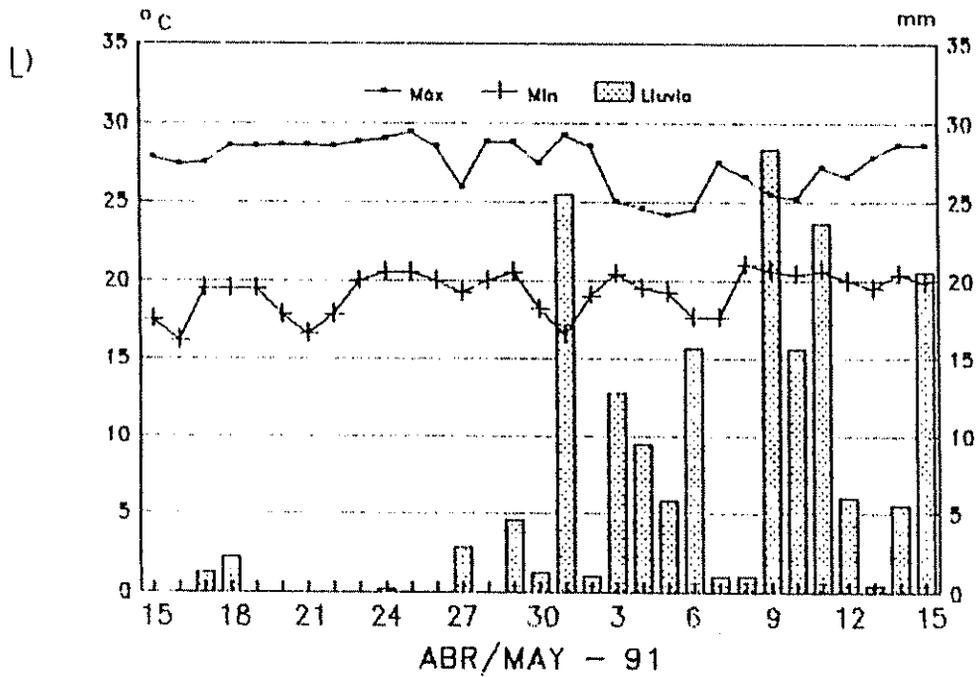
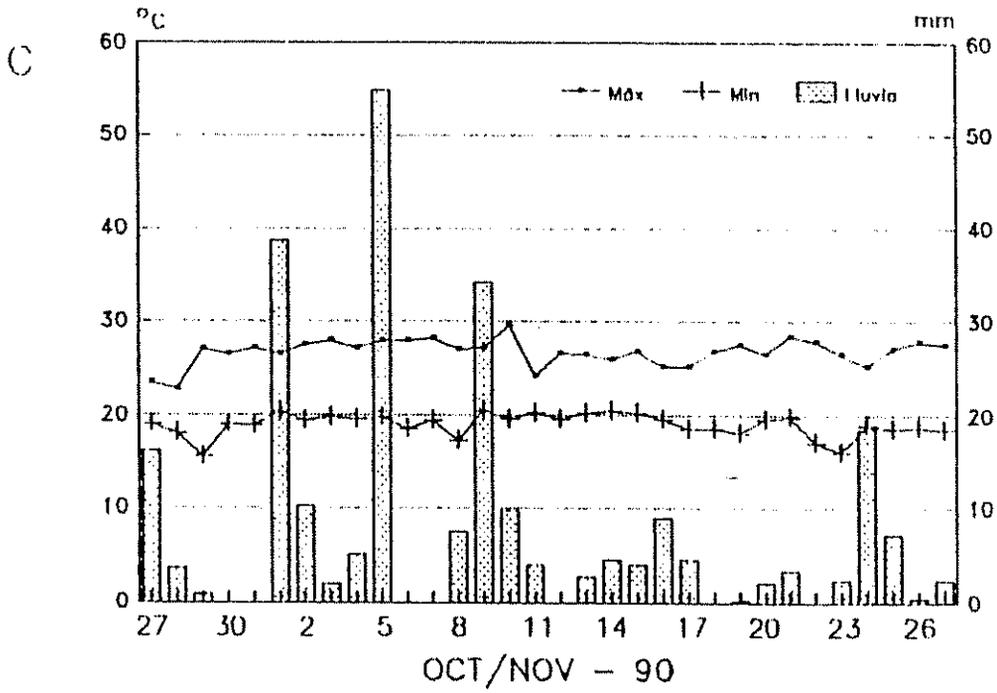


Figura 5. Temperatura máxima y mínima del aire y distribución de lluvia durante la época de emergencia de malezas en el campo. C y D corresponden al 3<sup>o</sup> y 4<sup>to</sup> recuento de superficie.

En la segunda y tercera siembra se hizo la lectura de malezas en superficie al inicio del cultivo. La última lectura se realizó antes de una cuarta siembra, cuando ya el campo tenía abundante germinación de malezas. Se realizaron en total cuatro conteos para las tres siembras (Cuadro 3). Un mes antes de cada uno de estos conteos se registró la distribución de temperatura y lluvia (Fig. 4 y 5).

Como uno de los principales objetivos del presente trabajo era determinar el efecto de las variables estudiadas sobre la población de semillas viables de malezas en el suelo (banco de semillas), fué necesario hacer un recuento de semillas en el suelo, el cual se realizó mediante varios muestreos a dos profundidades: de 0 a 5 cm y de 5 a 20 cm. Estos muestreos se realizaron con un barreno graduado de 20 cm de longitud y 5 cm de diámetro.

Para la toma de muestras, dentro de cada sub-subparcela se seleccionaron cinco sitios al azar y en cada sitio se hicieron, con el barreno, diez perforaciones a una distancia de 20 cm entre ellas y en forma de cruz (Fig. 4).

Cada perforación contenía una columna de suelo de 20 cm que se separaba en las dos secciones del perfil antes indicada, resultando de cada sitio de muestreo diez sub-muestras de 0 a 5 cm y otras diez de 5 a 20 cm.

Estas fueron colocadas en recipientes separados, donde se mezclaron hasta conseguir sólo dos muestras homogéneas: una correspondiente a la primera sección y la otra a la segunda sección del perfil.

Estas muestras se colocaron en bolsas de plástico debidamente marcadas y se llevaron a la casa de malla para continuar con los trabajos en maceteros.

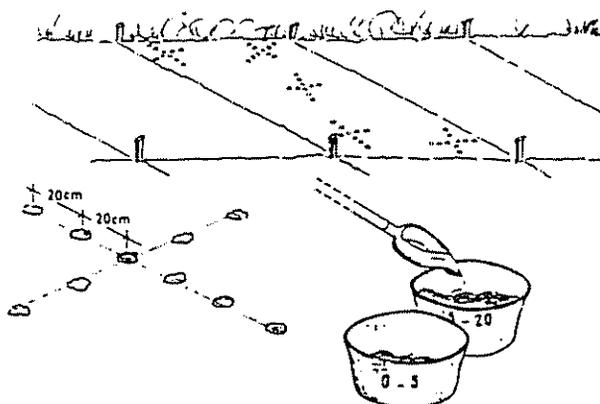


Figura 6. Diagrama del método utilizado para la toma de muestras del suelo en cada sub-subparcela.

De cada sub-subparcela se obtenían cinco pares de bolsas con las muestras de suelo correspondientes a las dos profundidades del perfil, lo que hacían 120 bolsas para una réplica y 480 bolsas en total.

Se realizaron un total de cinco de estos muestreos del perfil del suelo para las tres siembras (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fechas de siembra de los recuentos de malezas sobre la superficie del campo y de los muestreos de suelo para el banco de semillas. CATIE. Turrialba, C.R.

Actividad	F E C H A S		
	1 <sup>ª</sup> Siembra 20-Dic-89	2 <sup>ª</sup> Siembra 24-May-90	3 <sup>ª</sup> Siembra 12-Nov-90
Recuento Superfic.	26/30-Ene-90	18/19-Jun-90	27/29-Nov-90
Muestreo de Suelo		10/13-Jul-90	17-19/Dic-90
Muestreo de Suelo	16/18-Mar-90	29/31-Ago-90	11/13-Mar/91*
Muestreo de Suelo			29/30-Abr-91
Recuento Superfic.			15/16-May-91

\* Muestreo de perfil de suelo suspendido por pérdidas en casa de malla a causa del terremoto del 22/Abr/91.

**Trabajo experimental en casa de malla (invernadero).** Las bolsas con las muestras compuestas de suelo fueron trasladadas a la casa de malla donde de cada una se sacó 400 g de suelo por sección del perfil y por tratamiento, para colocarlos en maceteros plásticos de 4.5 cm de alto por 12.5 cm de diámetro en la base y 14 cm de diámetro en la parte superior. Antes de llenar los maceteros, las bolsas con las muestras de suelo se abrían para permitir que el suelo se secase. Además, si era necesario, el suelo se desmenuzaba manualmente y se retiraban piedras y fragmentos vegetales gruesos.

En cada fecha de muestreo de perfil del suelo se evaluaron un total de 480 maceteros (12 tratamientos, 10 maceteros/tratamiento y cuatro repeticiones).

Durante los tres ciclos de siembra se realizaron seis muestreos de suelo, pero sólo cinco se tuvieron en cuenta para las evaluaciones, ya que el quinto fue interrumpido por daños en la casa de malla donde se perdieron el 40% de los maceteros, creándose la necesidad de reemplazarlo (Cuadro 3).

Una vez llenados los 480 maceteros de cada muestreo, se procedió a regarlos cuidadosa y periódicamente para promover la germinación de las semillas de malezas. Así se estimuló la emergencia de malezas y alrededor de las tres semanas después de la emergencia se procedió a contar e identificar el número de individuos de cada especie.

Para la identificación de las plántulas se usaron algunas de las claves disponibles, pero con muchas se aprendió a reconocerlas transplantándolas y dejándolas crecer hasta adultas; anotando de antemano sus características en el estado de plántulas.

Las malezas encontradas fueron nombradas de acuerdo a un código de cinco letras, que consiste en la abreviatura basada en los nombres científicos latinos de las respectivas malezas. Las primeras tres caracterizan al género y las dos restantes a la especie. En los casos en que la especie no pudo determinarse se utilizó la abreviación "SS" (Important Weeds of the World. Scientific and Common Names, Synonyms and WSSA Approved Computer Codes. 1983).

Uno o dos días antes de cada lectura de plántulas en los maceteros, éstos se dejaron de regar para que el suelo se secase y así facilitar la eliminación de las plántulas identificadas y la remoción del suelo.

Después de dicha identificación y remoción, se humedeció nuevamente el suelo de todos los maceteros para promover una nueva germinación de la mayor cantidad posible de semillas y especialmente, de aquellas semillas que por la profundidad, falta de luz, oxígeno u otra causa, no habían germinado durante la primera lectura. Esta actividad se repitió tres veces más a intervalos de dos o tres semanas durante cada período de lectura. En cada macetero se hicieron entonces cuatro lecturas de germinación.

Las lecturas de plántulas en casa de malla descritas anteriormente se realizaron durante los tres ciclos de siembras de los cultivos, haciéndose al inicio y a la cosecha de cada ciclo de cultivo, a excepción de la primera siembra donde solamente se realizó a la cosecha (Cuadro 4).

Se realizaron entonces un total de cinco instalaciones de maceteros para su correspondientes lecturas de plántulas.

Cuadro 4. Fechas de instalación de maceteros y lecturas de plántulas de malezas en casa de malla. CATIE. Turrialba, C.R.

E P O C A	F E C H A S	
	INSTALACION	L E C T U R A S
PRIMERA: PRIMERA SIEMBRA, A LA COSECHA	18/MARZO/90	1- 16-19/ABR/90 2- 9-10/MAY/90 3- 12-13/JUN/90
SEGUNDA: SEGUNDA SIEMBRA, AL INICIO DEL CICLO DEL CULTIVO	13/JULIO/90	1- 6- 8/AGO/90 2- 6- 7/SEP/90 3- 1- 2/OCT/90 4- 16-18/OCT/90
TERCERA: SEGUNDA SIEMBRA, A LA COSECHA	31/AGOST/90	1- 19-21/SEP/90 2- 9-10/OCT/90 3- 30-31/OCT/90 4- 21-22/NOV/90
CUARTA: TERCERA SIEMBRA, AL INICIO DEL CICLO DEL CULTIVO	19/DICIE/90	1- 10-13/ENE/91 2- 14-15/FEB/91 3- 5- 6/MAR/91 4- 26-27/MAR/91
QUINTA: TERCERA SIEMBRA, A LA COSECHA <sup>(1)</sup>	30/ABRIL/91	1- 21-23/MAY/91 2- 10/JUN/91 3- 26/JUN/91 4- 15/JUL/91

(1) Instalación retrasada debido a que se suspendieron las lecturas de la instalación del 13/Marzo/91 por daños en la casa de malla.

Las evaluaciones de la germinación de plántulas en maceteros para los muestreos de suelo de la primera siembra y parte de la segunda se realizaron en una casa de malla vieja con deficiencias en cuanto a la penetración de la luz solar (15%) y menor fluctuación de temperatura. Esto afectó notoriamente la germinación de varias especies y provocó que el intervalo entre las lecturas de plántulas en los maceteros fuese más largo. Por esta razón se trasladaron los maceteros a una nueva casa de malla, la cual permitió un pasaje del 75% de la radiación solar y fluctuaciones marcadas de temperatura.

En la casa de malla se registró la temperatura a partir de la segunda lectura de plántulas para la tercera época de muestreo de suelo (Fig. 7) y se continuó con este registro durante las cuatro lecturas de plántulas para la cuarta y quinta época de muestreo (Fig. 8 y 9).

Los datos de malezas en maceteros se transformaron a densidad de malezas (número de cada especie/unidad de superficie), utilizando la transformación de peso a superficie y teniendo presente que en cada macetero se tenían 400 g de suelo. Con base en el estudio de Forsythe y Diaz Romeu (1969) y en la comunicación personal con el último autor, la densidad aparente a una profundidad de 20 cm de los suelos en los cuales se hizo la presente investigación es de un  $\text{gramo/cm}^3$ .

Para los recuentos de malezas provenientes de la superficie del campo también se realizó el cambio a densidad de la especie, dividiendo el número de plantas encontradas en cada tratamiento entre 1.875, debido a que los recuentos provienen de una superficie ya determinada.

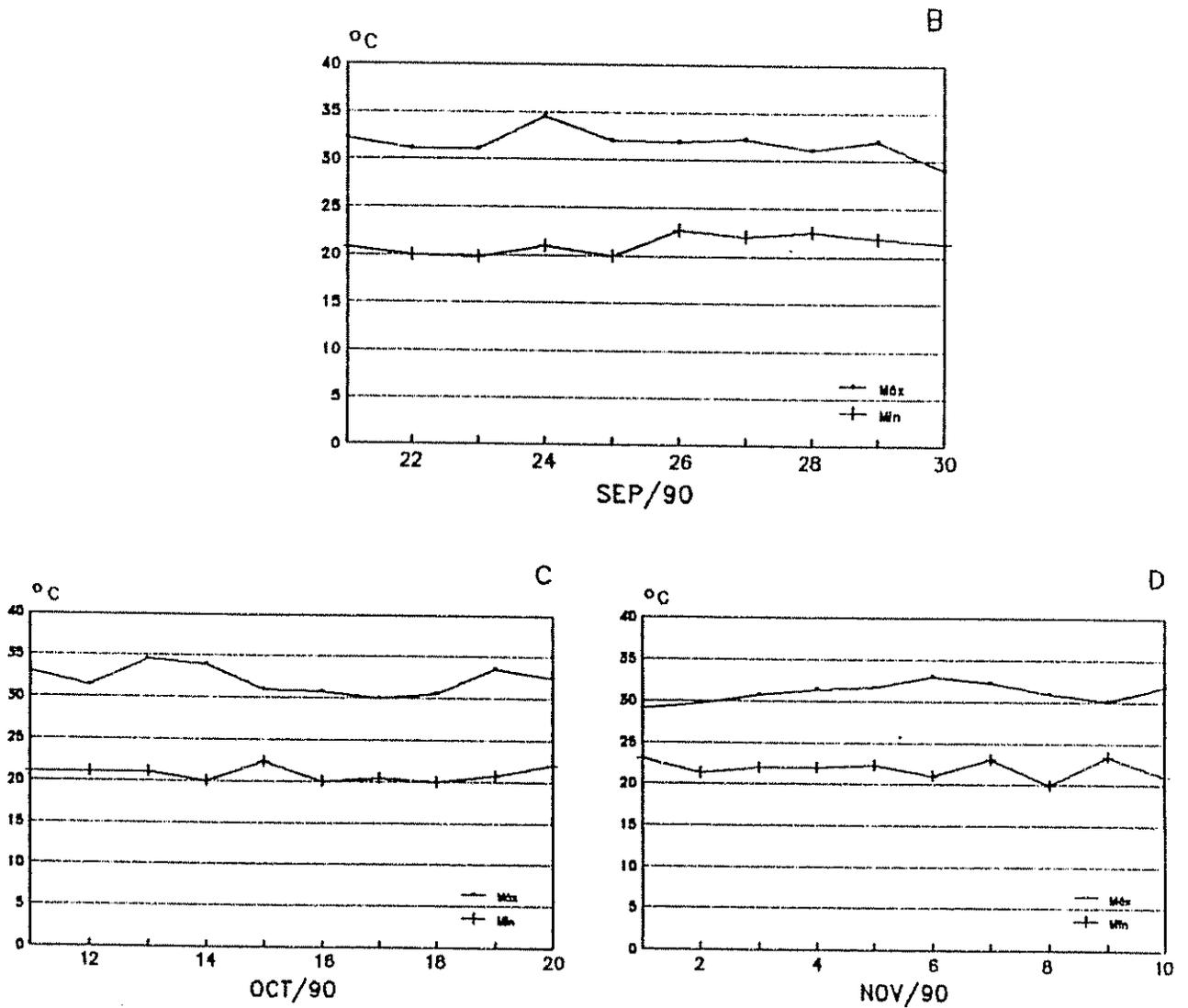


Figura 7. Temperatura máxima y mínima del aire durante los 10 primeros días de emergencia de plántulas en el invernadero. B, C y D corresponden a las tres últimas lecturas de la tercera época de muestreo de suelo.

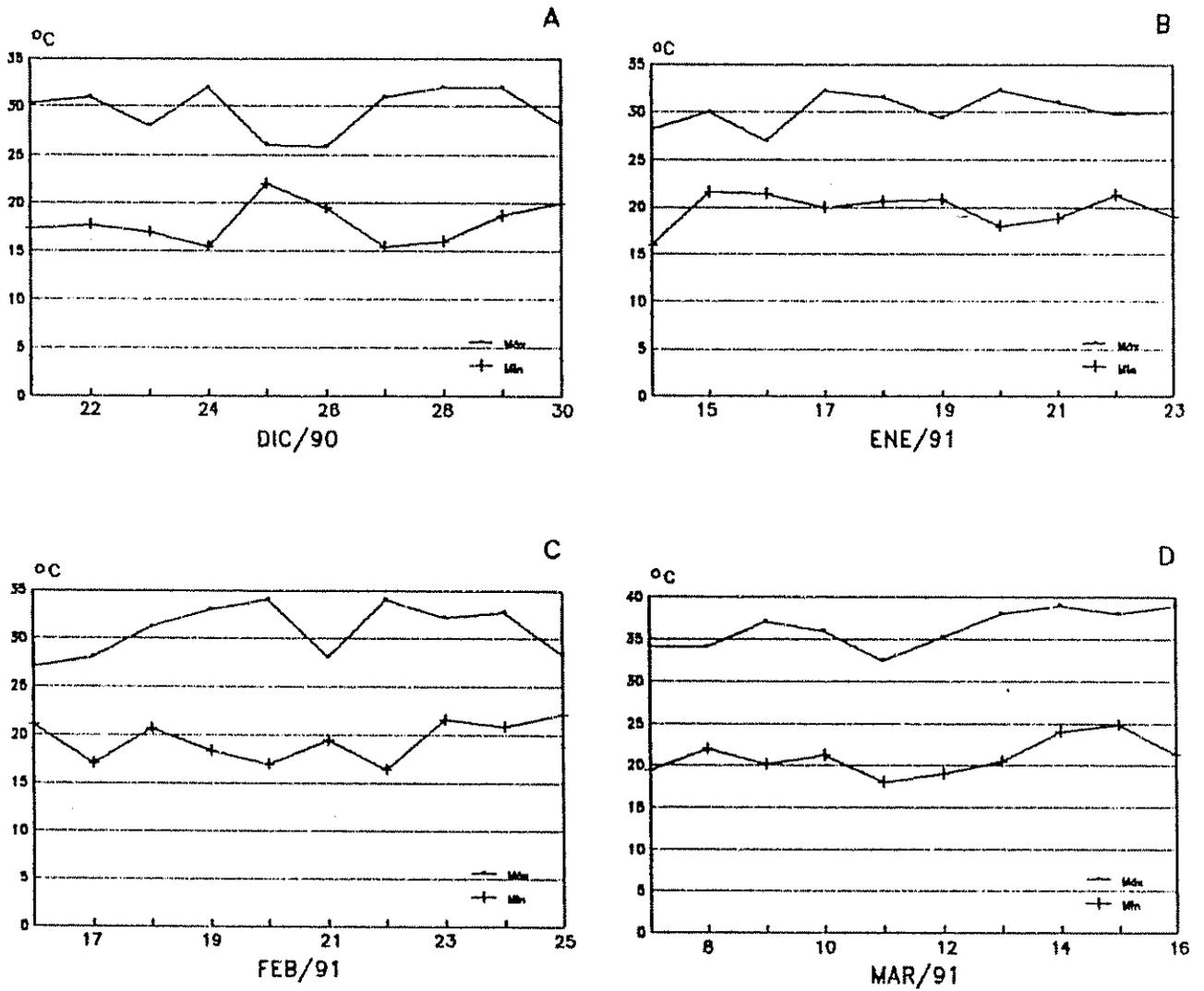


Figura 8. Temperatura máxima y mínima del aire durante los 10 primeros días de emergencia de plántulas en el invernadero. A, B, C y D corresponden a las cuatro lecturas de la cuarta época de muestreo de suelo.

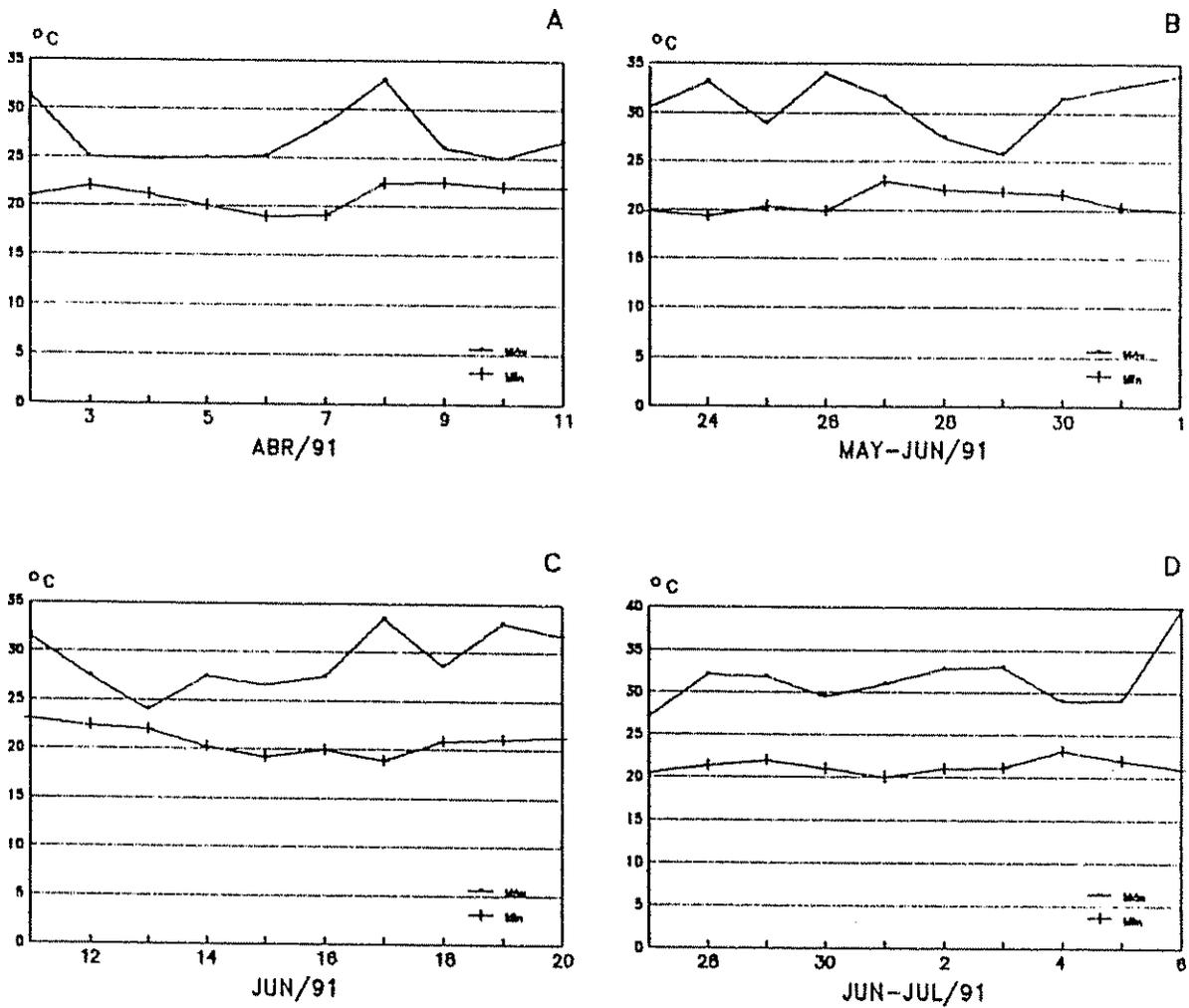


Figura 9. Temperatura máxima y mínima del aire durante los 10 primeros días de emergencia de plántulas en el invernadero. A, B, C y D corresponden a las cuatro lecturas de la quinta época de muestreo de suelo.

### 3.2.4. Estudio de laboratorio.

El objetivo de este estudio fue el de determinar el nivel de eficiencia del trabajo realizado en los maceteros como método para estimar la población de semillas de malezas en el suelo. Para tal fin se seleccionó al azar un macetero de la sección del perfil de 0 a 5 cm y otro de 5 a 20 cm dentro de cada tratamiento y para cada repetición, lo que dió un total de 96 muestras. Los maceteros seleccionados pertenecían a las muestras de suelo a la cosecha de la segunda siembra, las cuales ya habían recibido las cuatro lecturas de germinación de plántulas. De cada uno de estos maceteros se tomó una muestra de 100 g de suelo y con ella se corrió la prueba de Malone (1967), incluyendo las modificaciones de Pareja (1984). Con éste método, según su autor, se logra obtener casi la totalidad de las semillas de malezas presentes en una muestra de suelo.

El trabajo de laboratorio consistió de dos fases: la primera en la pileta de lavado de la sala de malezas en donde los 100 g de suelo se procesaron mediante la metodología propuesta por Malone (1967) y Pareja (1984). Dicha metodología consistió en adicionar a los 100 g de suelo una solución de 25 g de sulfato de magnesio (sal de Inglaterra), 5 g de bicarbonato de sodio y 10 g de hexametáfosfato de sodio (Calgon) disueltos en 200 ml de agua. Luego se procedió a remover la suspensión mecánicamente con una varilla de vidrio por unos 10-15 minutos. De esta manera se acelera la acción defloculante de la solución y se destruye los agregados de suelo para dejar libres a las semillas de malezas.

Seguidamente se procedió a decantar la suspensión en una batería de tres tamices: el primero de 10 celdas, el intermedio de 20 celdas y el último de 40 celdas/cm<sup>2</sup>, con lo que se aseguró la retención de un gran número de semillas de malezas. En el primer tamiz se retienen piedras grandes y residuos vegetales sin descomponer. Las semillas son retenidas en los otros dos tamices. El material retenido en cada uno de los dos últimos tamices se colocó en discos de papel filtro debidamente identificados a los que se dejó secando por 2-3 días. Una vez secos los residuos conseguidos se colocaron en bolsas pequeñas identificadas y se llevaron al laboratorio donde se realizó la segunda fase del estudio. Con ayuda de un estereoscopio se procedió a la extracción de todas las semillas presentes en los residuos de cada muestra. Seguidamente se contaron e identificaron las semillas de las malezas encontradas mediante comparación con la colección de semillas de malezas existente en el laboratorio. Además se contó con el manual de identificación de semillas de Martín y Barkeley (1961). De esta manera se logró la identificación de la mayoría de los géneros de las malezas comunmente presentes en las muestras de suelo.

### 3.3. Análisis de los datos.

Se calcularon promedios de las densidades de malezas obtenidas en los recuentos en la superficie del suelo, lo mismo que las de las plántulas emergidas del banco de semillas en las casas de malla. En ambos casos se analizaron estos datos con análisis de varianza de acuerdo a su correspondiente diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas sub-subdivididas. El análisis de las malezas en la superficie del suelo incluye hasta el factor épocas como cuarto nivel de subdivisión, en cambio para el análisis del banco de semillas, el factor perfil del suelo se consideró como un cuarto nivel de subdivisión y el factor épocas como un quinto nivel (parcelas subdivididas en el tiempo).

Posteriormente a los datos de densidades de las especies de malezas se les realizó un análisis de componentes principales (ACP) (Ludwig y Reynolds, 1988; Johnson y Wichern, 1982). Este análisis es una técnica estadística multivariada basada en la estructura de la matriz de correlaciones entre las variables (densidades de las diferentes especies de malezas). Consiste en formar combinaciones lineales de éstas, que se podrían interpretar como asociaciones de especies afectadas de igual manera por los factores variables en el estudio (sistema, labranza, insecticida, época y sección de perfil del suelo en el caso de banco).

Estas combinaciones se denominan Componentes Principales y serán denotadas por CP. Estos son construidos de tal manera que son independientes entre ellos y se ordenan según el grado en que son afectados por los factores variables en el estudio, medido por la magnitud de sus varianzas. Así, el CP de mayor varianza es el más afectado, y se denotará por CP1, el CP que le sigue será CP2, y así sucesivamente.

En general, es necesario considerar solamente los primeros CP's, de modo que con el uso de esta técnica se reduce el número de variables a analizar. La composición de cada CP se determinó por la magnitud de sus correlaciones con las densidades de las diferentes especies de malezas.

Los CP's obtenidos de esta manera fueron utilizados en un análisis de varianza para determinar el efecto que los factores variables en el estudio tuvieron sobre ellos (o sobre las asociaciones que los componen). También se hicieron regresiones de los dos primeros CP's a través del tiempo (épocas), en el caso de banco, con el fin de estudiar la tasa de decrecimiento de semillas en el banco.

Para la comparación del grado de eficiencia entre el método de Malone y el utilizado en la presente investigación (germinación de semillas en maceteros) como sistema para determinar

el banco de semillas, se estimó que el total de semillas en cada muestra lo constituían la suma del número de plántulas obtenidas de cuatro lecturas en el invernadero más el número de semillas obtenidas con el método de Malone. Se calculó la eficiencia del método de germinación en invernadero como el cociente entre la suma de las cuatro lecturas y dicho total, multiplicado por 100.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 5 muestra por orden alfabético las especies de malezas encontradas durante la presente investigación en el campo y determinadas mediante recuentos de superficie y recuentos de plántulas del banco de semillas del suelo. Para la nomenclatura de las distintas especies se utiliza el código aceptado por la Weed Science Society of América.

Cuando se compara la población de malezas encontradas en 1985 (Cuadro 1) con la población de malezas en la superficie del campo en 1990-91 (Cuadro 5) se apreciaron varios cambios en la composición de especies. Por lo menos siete especies ya no se encuentran presentes en la vegetación actual determinada mediante recuentos de superficie y de banco de semillas.

Este hecho podría deberse a que las prácticas de manejo durante los años anteriores al presente inventario les fueron desfavorables y causaron su desaparición o reducción a un mínimo que no permitió su determinación.

En el Cuadro 5 podemos apreciar que únicamente el 35% del total de las especies presentes en el banco de semillas fueron encontradas en los recuentos de superficie. Sin embargo, se hace notar que estas son las especies de mayor importancia económica por cuanto fueron las especies más dominantes en la población de malezas.

La baja representatividad en cuando a número total de especies del banco en la superficie se puede deber a que el método de muestreo superficial fue ineficaz para detectarlas debido a su baja densidad o que son especies que sólo logran su emergencia bajo condiciones muy particulares de clima y de manejo del suelo y cuando las especies dominantes tengan una menos presencia en la vegetación.

Cuadro 5. Malezas presentes en el área experimental y determinadas mediante las recuentos de superficie y del banco de semillas<sup>(1)</sup> (1990/91).

ESPECIES	SUPERFICIE	BANCO DE SEMILLAS
<i>Acalipha sp.</i>		ACASS
<i>Alternanthera sp.</i>	ALRSS	ALRSS
<i>Bidens pilosa</i>		BIDPI
<i>Borreria latifolia</i>	BOILF	BOILF
<i>Browalia sp.</i>		BRWSS
<i>Cardamine bonariensis</i>		CARBO
<i>Cenchrus sp</i>		CCHSS
<i>Commelina diffusa</i>	COMDI	COMDI
<i>Cuphea carthaginensis</i>		CPHCA
<i>Cyperus ferax</i>	CYPFE	CYPFE
<i>Digitaria sanguinalis</i>	DIGSA	DIGSA
<i>Drymaria cordata</i>		DRYCO
<i>Eclipta alba</i>	ECLAL	ECLAL
<i>Eleusine indica</i>	ELEIN	ELEIN
<i>Emilia fosbergii</i>	EMIFO	EMIFO
<i>Euphorbia heterophylla</i>		EPHHL
<i>Erechtites sp.</i>		ERESS
<i>Gnaphalium americanum</i>		GNAPU
<i>Hyptis capitata</i>		HYPCA
<i>Killinga sp.</i>	KILSS	KILSS
<i>Lindernia crustacea</i>		LIDCR
<i>Ludwigia decurrens</i>		LUDEE
<i>Mecardomonía sp</i>		MECSS
<i>Mimosa pudica</i>	MIMPU	MIMPU
<i>Mitracapus hirtus</i>		MITHI
<i>Mollugo verticillata</i>		MOLVE
<i>Momordica charantia</i>		MOMCH
<i>Oxalis corniculata</i>		OXACO
<i>Panicum sp</i>		PANSS
<i>Phyllanthus niruri</i>	PHYNI	PHYNI
<i>Pilea sp</i>		PILSS
<i>Portulaca oleracea</i>		POROL
<i>Sida acuta</i>		SIDAC
<i>Solanum sp.</i>		SOLSS
<i>Spananthe paniculata</i>	SPAPA	SPAPA
<i>Spilanthus sp</i>		SPLSS
<i>Xanthosoma sp</i>	XANSS	XANSS

(1) Código de las especies según la Weed Science Society of America, 1982.

Para facilitar el manejo de la información obtenida, solamente se tomaron en cuenta aquellas especies cuya densidad relativa [(densidad de la especie/suma densidad de todas las especies) x 100] y presencia en la superficie y el banco alcanzaron valores que desde el punto de vista agronómico puedan ser de impacto y que estadísticamente sean manejables.

El Cuadro 6 muestra, la lista de las especies de mayor densidad relativa en las épocas de mayor presencia en la labranza convencional tanto en la superficie del campo (época 3) como en el banco de semillas del suelo (época 1). Es importante destacar la similitud que se presentó en los valores de densidad relativa para las distintas especies de malezas en el banco de semillas y la superficie del campo.

De acuerdo a las circunstancias en la que se realizó la presente investigación, descrita en materiales y metodos, se supone que la llegada de semillas de afuera o la producción de nuevas semillas dentro del campo fue mínima.

Cuadro 6. Densidad absoluta y relativa de las especies de malezas seleccionadas por su mayor densidad (planta/m<sup>2</sup>) tanto en conteo en superficie como en el banco de semillas en el suelo (\*).

ESPECIES	B A N C O		S U P E R F I C I E	
	DENSIDAD	D.RELAT %	DENSIDAD	D.RELAT %
BOILF	11586	12.0	189	13.5
COMDI	392	0.4	13	0.9
CYPSS	2685	2.8	21	1.5
DIGSA	1063	1.1	30	2.1
DRYCO	388	0.4		
EMIFO	29	0.0		
ELEIN	72359	75.1	1073	76.4
ECLAL	5538	5.7	29	2.1
GNAPU	592	0.6		
LIDCR	513	0.5		
LUDDE	167	0.2		
MOLVE	38	0.0		
OXACO	79	0.1		
PHYNI	154	0.2	7	0.5
SPAPA	554	0.6	43	3.1
SIDAC	29	0.0		
XANSS	150	0.2		
<b>TOTAL</b>	<b>96316</b>	<b>100%</b>	<b>1404</b>	<b>100%</b>

(\*) época 1 en banco y época 3 en superficie.

#### 4.1. Trabajo experimental de campo: flora de malezas en los dos tipos de labranza.

En la presente sección se presentan los resultados de los efectos de las variables, provenientes del análisis estadístico. Se indicará igualmente las posibles razones por las cuales

algunas variables no mostraron efectos claros sobre la emergencia y flora de las malezas en superficie en los distintos tratamientos.

Los resultados se presentarán y su discusión se hará solamente para las especies de malezas seleccionadas como las de mayor importancia por sus valores de densidad relativa y presencia a través de los resultados de la investigación, tanto en superficie como en el banco de semillas en el suelo.

El factor o variable que en forma regular mostró efecto sobre la flora de malezas fue la labranza y sobre ésta se concentra la demostración de resultados y la discusión.

El efecto a través del tiempo de las variables sistemas de cultivo (monocultivo de maíz, frijol y rotación de ambos) y la aplicación y no aplicación de insecticidas al suelo no mostró efectos consistentes.

Los recuentos de malezas en la superficie del campo se muestran en el Cuadro 7, donde se presenta un promedio de las replicas I y IV en las cuales se realizaron los recuentos.

En la labranza convencional no se observó una tendencia definida de disminución del número de malezas emergidas a través del tiempo, ni por especie ni para el total de ellas (Cuadro 7). Solamente para la última época es donde se aprecia una más clara tendencia de disminución.

Bajo condiciones de labranza convencional la época 3 es la que presenta las mayores densidades para todas las especies excluyendo a COMDI. ELEIN alcanzó para esta época la mayor germinación con una densidad relativa de 76%. Por otra parte, la menor densidad general se encuentra en la época 4 donde BOILF y ELEIN son las especies de mayor densidad relativa con un 62 y 34% respectivamente. Sin embargo, ya para esta época se aprecia un declinamiento en las densidades totales y por especies (Cuadro 7).

Cuadro 7. Densidades (planta/m<sup>2</sup>) de malezas sobre la superficie en los dos sistemas de labranza y cuatro épocas distintas.

MALEZA	L A B R A N Z A S							
	CONVENCIONAL				C E R O			
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4
BOILF	40	1	189	38	414	3	63	89
COMDI	45	73	13	1	16	7	0	0
CYPSS*	4	3	21	0	44	5	5	0
DIGSA	13	1	30	0	120	1	7	0
ELEIN	13	21	1073	21	373	28	35	33
ECLAL	20	1	29	1	22	0	2	0
PHYNI	5	0	7	0	11	0	2	1
SPAPA	26	28	43	0	54	1	2	0
TOTAL	166	128	1405	61	1054	45	116	123

E 1 = Ene/90; E 2 = Jun/90; E 3 = Nov/90; E 4 = May/91. \* CYPSS incluye dos generos: CYPFE y KILSS.

Los registros de temperaturas del aire y lluvias un mes antes de cada una de las épocas correspondientes a los recuentos de superficie, Figuras 4 y 5, muestran para la época 3 (Fig. 5A), que las temperaturas máximas y mínimas alcanzaron amplias fluctuaciones además de una distribución irregular de las lluvias durante ese período. Estas condiciones climáticas muy posiblemente se reflejaron en una amplia fluctuación de las temperaturas en la capa superficial del suelo, condiciones que favorecen la germinación del mayor número de plántulas. COMDI presentó su máxima densidad en la época 2 (Cuadro 7), donde la distribución y la cantidad de lluvia registrada fue mayor y más uniforme que en las otras épocas (Fig. 4B). Se sabe que esta maleza se desarrolla muy bien en las zonas húmedas y esta misma razón podría explicar su mínima densidad en la época 4 donde prácticamente no se registró lluvia hasta los primeros 15 días de mayo (Fig. 5B).

La variación en las densidades de las malezas en superficie a través del tiempo no presentó una definida tendencia a disminuir, y pareció estar muy influida por las variaciones en las condiciones climáticas. Las mismas condiciones climáticas en determinada época pueden

favorecer una abundante germinación de algunas malezas en un tipo de labranza pero no en el otro. Esto nos indica que existe una fuerte interacción entre clima y labranza, las cuales determinarían la expresión del banco de semillas.

En las parcelas bajo cero labranza, la mayor emergencia de malezas se presentó en la época 1. Probablemente esto se debe a la alta concentración de semillas de malezas sobre la superficie (en este tratamiento el suelo en el campo no sufre disturbios). Las condiciones climáticas de temperatura y humedad, aun cuando no muy favorables, sí fueron suficientes para promover en la superficie la germinación de un porcentaje alto de semillas (Cuadro 7 y Fig. 4A).

Esta mayor concentración de la germinación de semillas de malezas al inicio de la investigación (época 1) en las parcelas sin labranza, contrasta claramente con la baja germinación para la misma época en parcelas con labranza convencional. Para las siguientes épocas la germinación de las malezas en cero labranza disminuyó notoriamente.

Las observaciones anteriores sobre la alta concentración de la germinación temprana en parcelas con cero labranza y el rápido declinamiento de la germinación en épocas posteriores, nos puede sugerir el siguiente comportamiento: 1) Una baja latencia en un alto porcentaje de la población de semillas. 2) Corta viabilidad en la mayoría de la población de semillas de las especies estudiadas cuando éstas quedan sobre la superficie del campo. 3) Poca penetración de semillas a profundidades mayores del perfil del suelo donde puedan protegerse o favorecerse su latencia.

Un exceso en la humedad del suelo sería menos crítico para la germinación de aquellas semillas que permanezcan sobre la superficie. Igualmente se puede pensar que si disponemos de un sistema eficaz para controlar la emergencia temprana de las malezas en los sistemas de cero labranza, podemos tener más éxito en el manejo de las malezas bajo esta labranza. El sistema de control a utilizar no debería provocar el enterramiento de semillas porque esta práctica podría promover la latencia de muchas semillas.

Aún cuando se ha indicado la posibilidad de que las semillas de las malezas referidas en el Cuadro 7 pierdan su viabilidad rápidamente cuando quedan sobre la superficie del suelo (cero labranza), BOILF y ELEIN pueden permanecer viables por mayor tiempo ya que para la época 4 aun se notaba un buen porcentaje de emergencia de éstas en el campo. Esto pudo igualmente observarse en la labranza convencional.

A pesar de que el patrón de germinación de las malezas en las distintas épocas fue muy diferente para los dos sistemas de labranza, la densidad total de plántulas emergidas en el tiempo de la presente investigación fue similar: 1760 plantas/m<sup>2</sup> en labranza convencional y 1338 plantas/m<sup>2</sup> en cero labranza.

Otra observación a tomar en cuenta del Cuadro 7 es la distribución de las especies en los dos sistemas de labranza. Ya que estas labranzas han permanecido estables en las parcelas en estudio por más de 10 años, se esperaría una mayor diferencia en la adaptación de las diferentes especies a dichas labranzas. Sin embargo, solamente ELEIN, SPAPA y COMDI parecerían presentar un mayor grado de adaptación a la labranza convencional y BOILF a cero labranza.

Muy posiblemente las especies de mayor presencia (BOILF y ELEIN) bajo las condiciones climáticas y de suelo de la presente investigación no respondan muy marcadamente a las labores de labranza. Bajo otras circunstancias ecológicas, algunas especies perennes tienden a adaptarse mejor a condiciones de cero labranza.

Aún cuando se espera que la reserva de semillas en el banco se agote con la germinación *in situ*, lo que ha sido demostrado en muchas investigaciones (Roberts y Dawkins 1967; Froud-Williams *et al* 1983b; Vargas 1988; Aldrich 1984; Cardina *et al* 1991), la flora de las malezas determinada mediante recuentos de superficie no parecería ser un buen indicador del potencial del banco de semillas en un momento dado. Además ya se ha observado que no siempre las labranzas por si solas son un factor determinante en la disminución del banco de semillas (Bridgemohan *et al* 1991).

Al inicio de la presente discusión se indicó que el factor que se tendría más en cuenta sería el tipo de labranza. Los otros factores (sistemas de cultivos e insecticida) no indicaron ninguna tendencia con relación a la población de malezas emergidas sobre la superficie del campo.

Posiblemente el tiempo de duración de los factores anotados, dos años, no fue suficiente para que dichas variables alcanzaran a manifestar su efecto. También se podría pensar que estas variables tuvieron poco efecto sobre la etapa de reclutamiento de plántulas y de que su mayor actividad o acción se ejerce sobre la fase vegetativa y reproductiva de ellas, fase que no se permitió completar durante esta investigación.

Muchos de los resultados anteriores parecen indicar que la población de semillas de malezas responde en grupos a las variables ecológicas. Por esta razón se presentan los

resultados del análisis de componentes principales (ACP) en lugar de los análisis de varianza individuales.

En el Cuadro 8 se presentan los dos primeros CP's para las malezas emergidas en la superficie del campo y sus correlaciones con las especies que resultaron significativas. Así, el CP1 representa una asociación de BOILF, CYPSS, DIGSA, ELEIN, ECLAL, PHYNI y SPAPA. Esta asociación fue la más afectada por los factores variables en el estudio, siendo responsable del 57% de la varianza total. El CP2 solamente esta formado por COMDI y SPAPA y es responsable por 16% de la varianza. Los dos primeros CP's en conjunto son responsables del 73% de la varianza (varianza acumulada hasta el CP2).

Cuadro 8. Correlaciones entre los Componentes Principales (CP's) y los recuentos de malezas en superficie durante cuatro épocas y la contribución de cada CP a la varianza.

ESPECIE	CPRIN1	CPRIN2
BOILF	0.92**	-0.22 <sup>ns</sup>
COMDI	0.05 <sup>ns</sup>	0.92**
CYPSS	0.93**	-0.02 <sup>ns</sup>
DIGSA	0.92**	-0.07 <sup>ns</sup>
ELEIN	0.69**	0.00 <sup>ns</sup>
ECLAL	0.62**	-0.17 <sup>ns</sup>
PHYNI	0.87**	0.05 <sup>ns</sup>
SPAPA	0.63**	0.61**
Varianza Acumulada	0.57	0.73
% del total de varianza	57	16

\*\* significancia al 1%

El gráfico de los CP's (Figura 10) y el análisis de varianza realizado con ellos (Anexo 2A) indican cuáles son los factores que afectan a cada asociación.

Se puede observar en estos análisis que las especies del CP1 presentaron un cambio a través del tiempo y que este cambio dependió del tipo de labranza. Esto nos indica que la labranza en el tiempo presentó un efecto positivo en la disminución de la población de las especies que conforman este grupo. Sin embargo, y como se indicó anteriormente, la mayor expresión en la emergencia para los dos grupos (CP1 y CP2) se registro en diferentes épocas, dependiendo de las condiciones climáticas, presentandose una interacción entre factores climáticos y labranza.

Así por ejemplo, en labranza convencional, las especies del CP2 (COMDI y SPAPA) muestran su pico de emergencia durante la época de mayor saturación de humedad en el suelo, la cual perjudica a las especies que conforman el CP1 (BOILF, CYPSS, DIGSA, ELEIN, ECLAL, PHYNI y SPAPA).

En cero labranza, un alto porcentaje de las semillas se encuentran sobre la superficie y por ésta razón las condiciones de exceso de humedad en el suelo le son menos perjudiciales y por lo tanto se apreció una mayor emergencia de malezas en la primera época.

Es evidente entonces que con el tiempo se presenta una reducción del número de semillas en el banco y que el grado de reducción dependerá de la interacción entre el tipo de labranza, las condiciones climáticas y el tipo de maleza.

Como se indicó anteriormente, la respuesta para el caso de labranzas a través del tiempo es explicable teniendo en cuenta que las labranzas se han realizado por más de 10 años, lo cual le da mayor estabilidad biológica a esta variable.

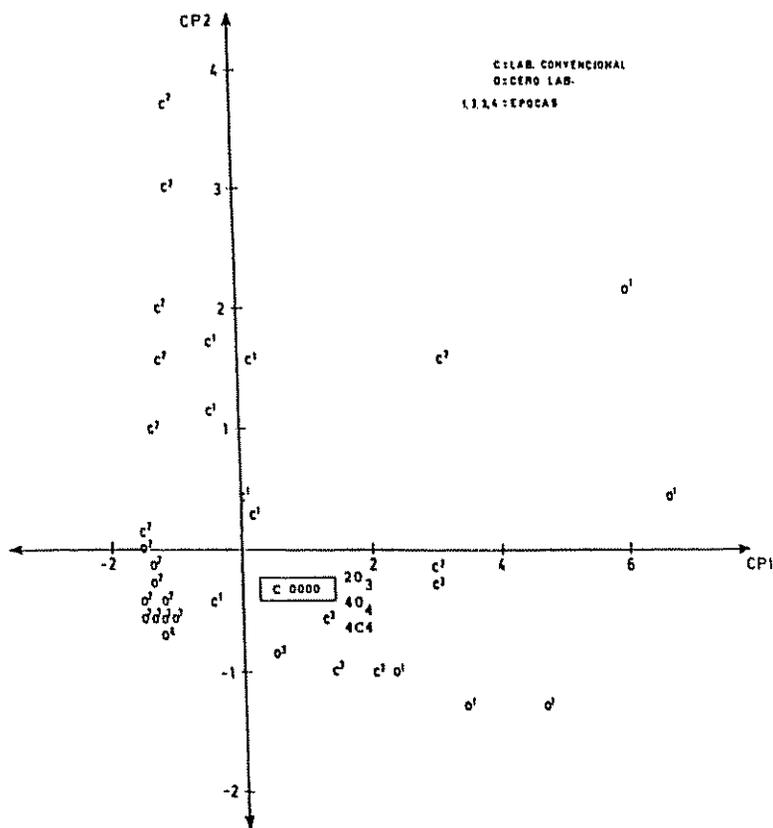


Figura. 10. Relaciones entre CP2 y CP1 para labranza convencional y cero, durante las cuatro épocas de los recuentos de malezas en la superficie del campo.

## 4.2 Trabajo experimental de invernadero.

Por las dificultades que se presentaron con la luz en el invernadero durante las lecturas de germinación de plántulas en muestreos de suelo para la época 1, fue necesario ajustar mediante regresión los valores observados para las especies ELEIN, CYPSS, ECLAL y BOILF para esta época. Estas especies, principalmente las dos primeras, mostraron altos requerimientos de luz para su germinación. Una vez ajustados los valores se procedió a la selección de las especies que por su densidad relativa y presencia en los muestreos fueron las más importantes.

Todas las demás pruebas de germinación se continuaron en un invernadero con buenas condiciones de iluminación y con fluctuaciones de temperatura de hasta aproximadamente 15 °C, lo que favoreció la germinación de las semillas en los maceteros.

Las densidades de las doce especies más importantes se indican en el Cuadro 9, donde se muestran los valores promedio de cuatro réplicas para la primera y última época de recuento en cada labranza y en las dos secciones del perfil estudiadas. Los datos completos, para todas las especies y épocas, se pueden ver en el Anexo 3A.

El Cuadro 9 nos permite hacer algunas observaciones generales: a) La reserva de semillas fue siempre mucho mayor en las dos secciones del perfil en la labranza convencional. b) En la labranza convencional la disminución en el banco durante los tres ciclos de siembra del presente estudio fue del 53.6%, mientras que en cero labranza fue del 64%. c) El agotamiento de las semillas en el banco en labranza convencional fue del 58.3% en la sección del perfil de 0-5 cm y del 46.5% en la sección de 5-20 cm. En cero labranza las diferencias entre los dos perfiles fue menor: 46% para la sección de 0-5 cm y 40% para la de 5-20 cm.

Cuadro 9. Densidades (planta/m<sup>2</sup>) de malezas emergidas en maceteros con muestras de suelo de las dos labranzas, al inicio y al final de la investigación.

MALEZA	Labranza Convencional			
	Sección perfil de suelo (cm)			
	0 - 5		5 - 20	
	Epo 1	Epo 5	Epo 1	Epo 5
BOILF	11586	5575	7879	4450
COMDI	392	217	379	163
CYPSS	2685	1742	2853	1846
DIGSA	1063	383	1167	346
DRYCO	388	8	513	46
ELEIN	72359	28625	46044	24238
ECLAL	5538	2108	3676	1746
GNAPU	592	129	438	88
LIDCR	513	771	504	933
LUDDE	167	96	83	104
PHYNI	154	104	175	100
SPAPA	554	300	450	242
<b>TOTAL</b>	<b>95991</b>	<b>40058</b>	<b>64161</b>	<b>34302</b>
	60%	54%	40%	46%
	160152		74360	
MALEZA	Cero Labranza			
	Sección perfil de suelo (cm)			
	0 - 5		5 - 20	
	Epo 1	Epo 5	Epo 1	Epo 5
BOILF	3277	1750	1670	950
COMDI	67	17	17	13
CYPSS	5021	4413	5039	4513
DIGSA	863	267	338	117
DRYCO	629	38	525	33
ELEIN	37353	19200	17752	9425
ECLAL	1934	317	723	200
GNAPU	125	108	54	17
LIDCR	300	308	267	288
LUDDE	263	308	117	167
PHYNI	663	579	317	283
SPAPA	154	46	83	8
<b>TOTAL</b>	<b>50649</b>	<b>27351</b>	<b>26902</b>	<b>16014</b>
	65%	63%	35%	37%
	77551		43365	

El promedio de densidad relativa a través del tiempo y en los dos perfiles, en la labranza convencional, fué: ELEIN 72.5%, BOILF 12.8%, ECLAL 5.2% y CYPSS 4.3%. Estos valores fueron muy similares para las dos secciones del perfil en las distintas épocas. En cero labranza los valores para densidad relativa de los distintas especies varió un poco, siendo CYPSS la segunda especie en importancia. ELEIN 69%, CYPSS 18.3%, BOILF 6% y ECLAL 2.3%. Igualmente, en esta labranza el valor de la densidad relativa decreció para ELEIN en el perfil de 5-20 cm, mientras que para CYPSS aumentó. En los dos tipos de labranza, las densidades relativas del resto de las especies (COMDI, DIGSA, DRYCO, GNAPU, LIDCR, LUDDE, PHYNI y SPAPA) estuvo entre el 1% y 3%.

El hecho de que la población de plántulas emergidas para LIDCR y LUDDE no presente disminución a través del tiempo sino más bien un incremento, podría deberse a un efecto de inhibición causado por alguna(s) de las otras especies presentes en la muestra o a una latencia más prolongada de estas especies. Durante todas las épocas estudiadas en invernadero sucedió que la primera lectura de germinación de plántulas siempre fue la más alta, dominada generalmente por ELEIN, reduciéndose gradualmente el número de plántulas hasta llegar a la cuarta y última lectura, donde aparecen las especies que en las primeras lecturas no se presentaron o sólo aparecen en densidades bajísimas. Este es el caso de LIDCR y LUDDE. Lamentablemente no se cuenta con mayor información sobre el comportamiento biológico de las semillas de estas especies que permita conocer mejor su comportamiento.

Una menor densidad en el banco de semillas en el suelo en las muestras en cero labranza que en convencional, nos podría indicar una corta longevidad de una alta proporción de las semillas de las especies estudiadas cuando éstas quedan sobre la superficie del suelo. Esto lo refuerza el hecho de que bajo esta labranza una mayor concentración de semillas se encuentran en la sección superior (0-5 cm) del perfil del suelo. La labranza convencional mediante el enterramiento de la semillas estaría protegiéndolas. Igualmente, se debe recordar que en el primer recuento de superficie, la mayor emergencia de plántulas se presentó en cero labranza. De esta manera la reserva del banco en esta sección del perfil sufriría una gran disminución.

Para los dos tipos de labranza el agotamiento del banco de semillas estaría asociado con la germinación *in situ* y con la pérdida de viabilidad de muchas semillas. Este último factor fue de mayor importancia en las parcelas bajo cero labranza, principalmente en la sección del perfil de 5-20 cm

En cambio el factor más importante para la disminución del banco en labranza

convencional podría deberse al desenterramiento de algunas semillas de los perfiles más profundos, rompiendo su latencia primaria o secundaria, promoviendo así su germinación. Al mismo tiempo ocurre que las semillas sobre la superficie o en perfiles superficiales son enterradas en perfiles más profundos donde posiblemente quedarán protegidas por entrar en latencia.

Del los resultados anteriores y por la abundante germinación en la primera época en las parcelas bajo cero labranza, se aprecia claramente la existencia, en esta labranza, de una capa superficial de semillas bien definida y diferente de las dos secciones del perfil estudiados.

#### **4.3. Análisis de Componentes Principales en los estudios del banco de semillas.**

Al igual que para la información de malezas en la superficie, la información sobre semillas en el banco se analizó de acuerdo al enfoque de CP's, con la diferencia de que el grupo de malezas analizadas fue mayor en el banco de semillas (17 especies). Las asociaciones correspondientes a estos datos y sus contribuciones a la varianza total se muestran en el Cuadro 10.

Mediante este sistema de análisis se conforman asociaciones por su sensibilidad a las variables, teniendo cada grupo su valor de contribución a la varianza total. Una vez establecidos los CP's, estos puede servir de base para posteriores análisis de varianza y regresión en los cuales se observará la respuesta de las distintas asociaciones a las variables en estudio.

Cuadro 10. Correlaciones entre los Componentes Principales (CP's) y los recuentos de malezas en el banco de semillas durante cinco épocas y la contribución de cada CP a la varianza.

ESPECIE	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
BOILF	0.83**	ns	-0.30*	ns	ns	ns
COMDI	0.81**	ns	0.20*	ns	-0.33**	ns
CYPSS	-0.58**	0.53**	0.18*	-0.35**	ns	ns
DIGSA	0.58**	0.30*	-0.18*	0.24*	0.20*	ns
DRYCO	0.24*	0.70**	ns	-0.33**	ns	-0.24*
EMIFO	0.21*	0.47**	ns	0.64**	ns	-0.31**
ELEIN	0.79**	0.37**	ns	ns	ns	ns
ECLAL	0.71**	ns	0.37**	-0.24*	ns	ns
GNAPU	0.19*	0.29*	-0.50**	ns	-0.22*	0.64**
LIDCR	0.26*	ns	0.23*	ns	0.86**	0.18*
LUDDE	ns	0.40**	0.51**	0.42**	-0.19*	0.31**
MOLVE	-0.38**	ns	0.47**	ns	ns	0.35**
OXACO	-0.39**	0.60**	ns	-0.35**	ns	0.30**
PHYNI	-0.45**	0.53**	ns	ns	ns	-0.25*
SPAPA	0.73**	ns	0.50**	-0.23*	ns	ns
SIDAC	0.38**	-0.27*	0.57**	0.19*	-0.33**	ns
XANSS	0.67**	0.34**	-0.34**	0.23*	ns	ns
Varianza Acumul.	0.29	0.43	0.54	0.62	0.68	0.74
% total de var.	0.29	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06

\* significancia al 5%, \*\* significancia al 1%

Las correlaciones negativas y significativas se pueden interpretar como ausencia de una especie. Así, por ejemplo, el CP4 es una asociación de cinco malezas (EMIFO, LUDDE, DIGSA, XANSS y SIDAC) en la cual están consistentemente ausentes las especies CYPSS, DRYCO, ECLAL, OXACO y SPAPA. El grado de importancia de cada especie dentro de cada asociación de malezas, está de acuerdo a la magnitud de su valor de correlación y al grado de significancia correspondiente. Se considera que las malezas de menor significancia (5%) no tienen mucha fuerza en la asociación.

El CP1 representa la asociación más afectada por las variables en el estudio, siendo responsable por el 29% de la varianza total. El CP1 está conformado entonces por doce especies, ocho de ellas con alto grado de importancia (Cuadro 10) y cuatro especies ausentes (CYPSS, MOLVE, OXACO y PHYNI). Esta asociación responde claramente a la labranza. Aún cuando bajo los dos métodos de labranza se aprecia una disminución en el banco de

semillas, ésta disminución es mayor para algunos grupos de plántulas y muestra diferencias entre los dos tipos de labranza a través del tiempo (Fig. 11).

Todo lo anterior es consistente con el resultado del análisis de varianza para este CP1 (Anexo 4A) donde se aprecia que los efectos de época y las interacciones de época por labranza y de la sección del perfil por época tienen un marcado efecto sobre esta asociación de malezas. Esto también se aprecia en las regresiones a través del tiempo (Fig. 12). En la labranza convencional, el CP1 disminuye rápidamente de la época 1 a la 2, pero la tasa de decrecimiento a partir de la época 2 es menor y tiende a estabilizarse.

En cero labranza en cambio, el decrecimiento es lineal en todo el período o sea que la tasa de decrecimiento es constante. La tasa de decrecimiento es mayor en la sección del perfil de 0-5 cm que en el de 5-20 cm en ambas labranzas (Fig. 12).

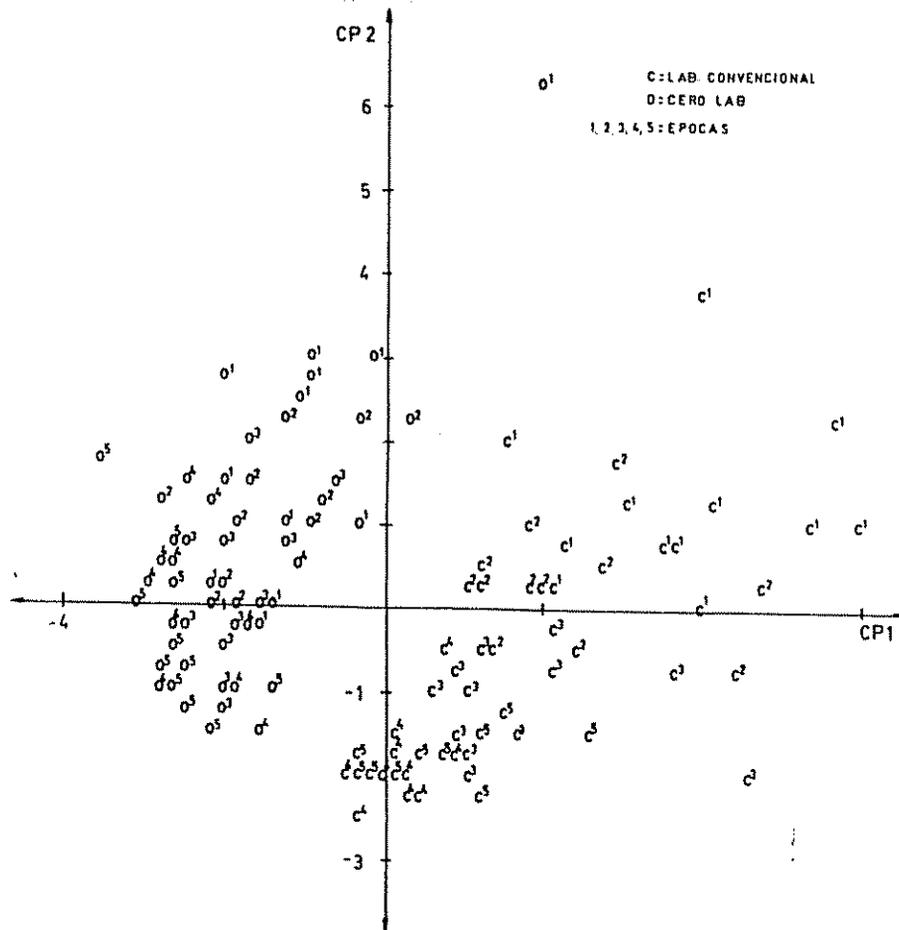


Figura 11. Relaciones entre CP2 y CP1 en labranza convencional y cero, durante las cinco épocas de los recuentos del banco de semillas.

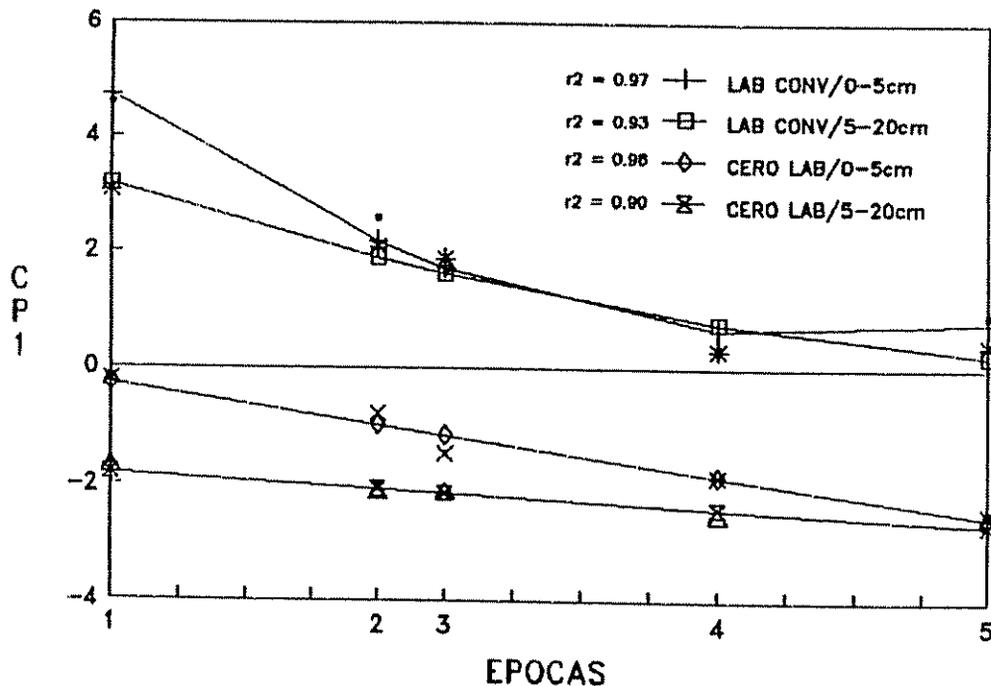


Figura 12. Comportamiento de la asociación de malezas del CP1 en las dos secciones del perfil y los dos sistemas de labranza a través del tiempo.

También se observa una diferencia en la respuesta de los CP1 y CP2 al decrecimiento del banco de semillas a través del tiempo por efecto del sistema de cultivo (Fig. 13). El análisis de regresión para estas variables muestra el comportamiento de la asociación de malezas del CP1 a través del tiempo (Fig. 14).

Igualmente el análisis de varianza para los CP's (Anexo 4A) muestra que a medida de que la contribución del CP a la varianza total es menor (Cuadro 10), las diferencias significativas con respecto a las variables estudiadas disminuye, lo cual es lógico porque los CP's están ordenados según su grado de varianza debido a las variables. Para las variables que presentan más altas diferencias significativas son para los dos tipos de labranza, las dos secciones del perfil del suelo y las épocas.

Se observaron menores valores de significancia en las variables sistemas de cultivo. La variable insecticida, al igual que para las malezas en la superficie del campo, no parece estar afectando la población de malezas en el banco de semillas, por lo menos durante el tiempo en que se realizó la presente investigación.

El comportamiento de la asociación de malezas del CP1 en el frijol muestra un decrecimiento lineal y constante, mientras que en maíz y en la rotación, el decrecimiento es mayor al principio y menor al final (Fig. 14). Esto explica que la interacción entre época y sistemas de cultivo tenga una alta significancia (Anexo 4A). Estos resultados nos muestran una de las posibles ventajas del análisis mediante componentes principales, cuando se analizan individualmente las distintas especies o el total con el propósito de definir el efecto de la variable sistema de cultivo, no se detectó ninguna tendencia. sin embargo, el grupo de especies del CP1 mostró respuesta al sistema de cultivo.

El CP2, conformado por diez especies de malezas y con la ausencia de SIDAC, es responsable del 14% de la varianza total (Cuadro 10). Esta asociación también disminuye a través del tiempo, en forma diferente según el tipo de labranza (Fig.11). Esto es mostrado más claramente con el análisis de regresión, donde se tomaron los promedios en ambas secciones del perfil de suelo, debido a que el análisis de varianza para el CP2 muestra que no existe interacción de labranza por perfil por época, es decir que en cada tipo de labranza las dos secciones del perfil del suelo se comportaron muy similares a través de las épocas (Fig. 15).

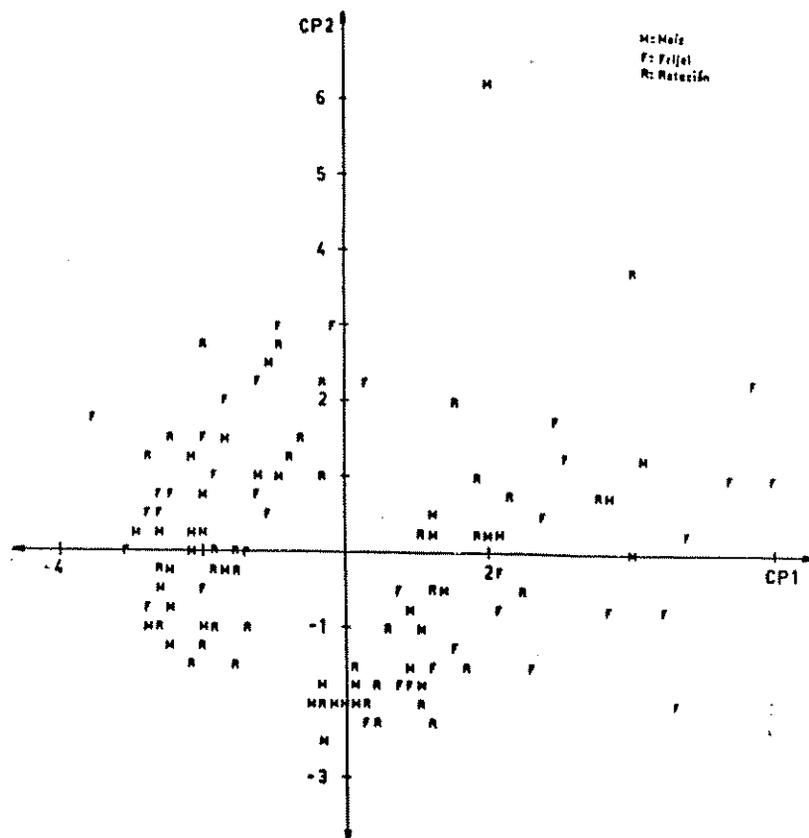


Figura 13. Relación entre CP2 y CP1 en sistemas de cultivo durante las cinco épocas de los recuentos del banco de semillas.

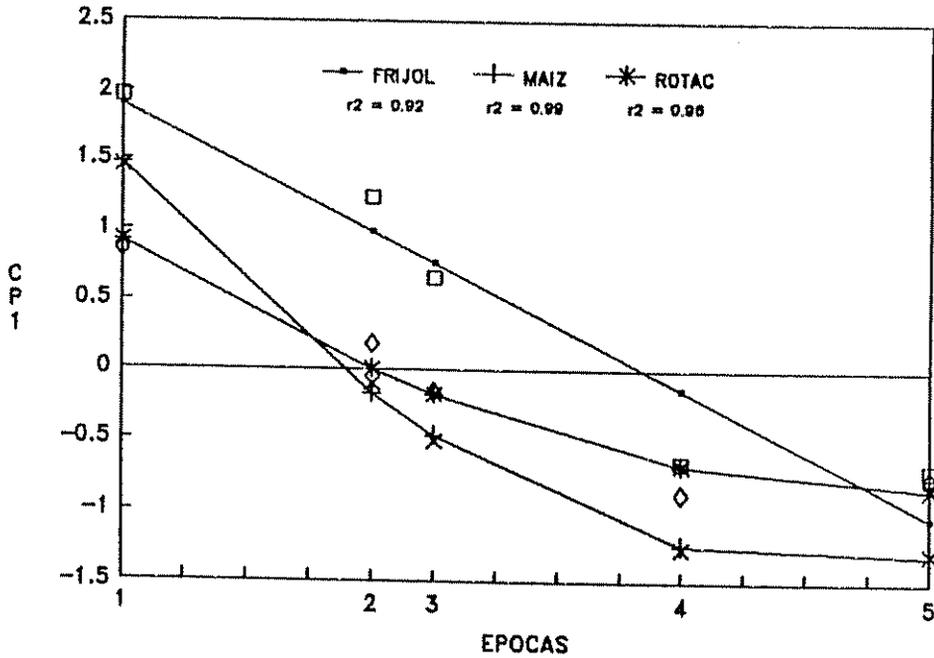


Figura 14. Comportamiento de la asociación de malezas del CP1 en los sistemas de cultivo a través del tiempo.

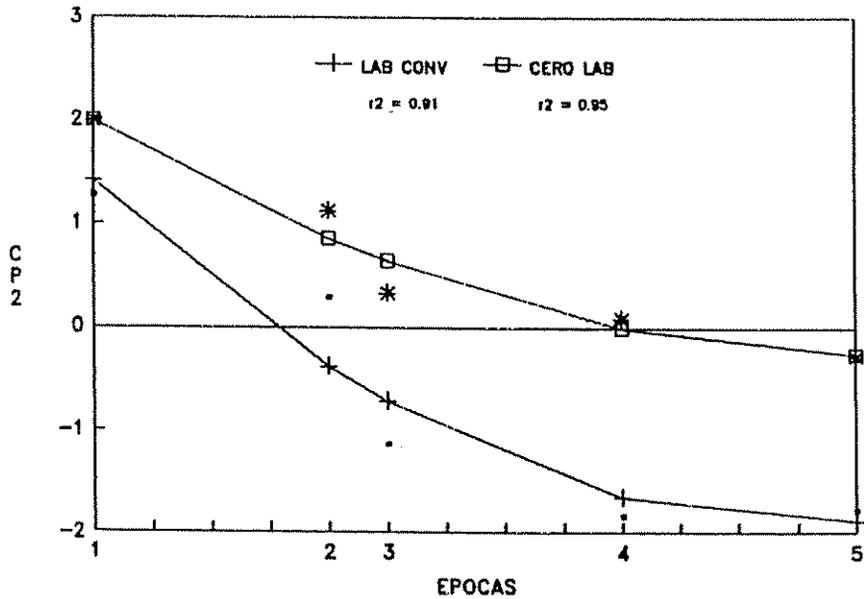


Figura 15. Comportamiento de la asociación de malezas del CP2 en los dos sistemas de labranzas a través del tiempo.

La tendencia a la reducción en la población de malezas por efecto de las labranzas a través del tiempo (labranza por época) ya fue evidente cuando se discutió el Cuadro 9. En ambos sistemas de labranza se aprecia una fuerte disminución en el banco a través del tiempo. Esta tendencia, si bien no fue claramente demostrada en los análisis de la información obtenida en los recuentos de superficie, queda demostrada en los ACP para los datos del banco de semillas, especialmente en los dos primeros CP's.

Todo esto nos indica que tanto en la labranza convencional como en la cero labranza la germinación de semillas de malezas es un fenómeno que contribuye a la disminución del banco de semillas.

Las observaciones anteriores, determinadas mediante el método de germinación de semillas en muestras de suelo confirma la eficacia del método en este tipo de estudios.

La naturaleza de estas respuestas indica que un alto porcentaje de la población de las semillas de las especies dentro de estos CP's (CP1 y CP2) tiene capacidad para una rápida germinación, principalmente en la labranza convencional, donde dicha labor promueve la germinación y que las semillas remanentes pueden permanecer por más tiempo, posiblemente latentes en la sección del perfil inferior del suelo, germinando únicamente en pequeñas proporciones a través del tiempo.

Este tipo de respuesta nos daría bases para suponer que dentro de una misma especie o grupo de especies puede haber una proporción de semillas que corresponde al tipo de banco transitorio y otra proporción al de banco persistente. Este enfoque estaría de acuerdo con lo propuesto por Thompson y Grime (1979).

#### **4.4. Trabajo experimental de laboratorio.**

El objetivo principal de las pruebas de germinación de semillas en maceteros fue el de lograr la mayor emergencia de plántulas de malezas en un volumen determinado de suelo para hacer determinación del banco de semillas. Otro método es el de Malone (1967) más preciso pero requiere de mayor tiempo en el análisis individual de cada muestra en el laboratorio.

Sin embargo, con el fin de conocer la eficiencia del método de germinación utilizado en el presente trabajo, al suelo de los maceteros de cada tratamiento después de la cuarta lectura de germinación de la época 3 se les realizó la prueba de Malone. En el Cuadro 11 se observa el resultado comprobatorio mediante Malone para las pruebas de germinación en maceteros. La

eficiencia de la prueba de germinación se calculó en base al total de semillas encontradas en el laboratorio más el número de plántulas obtenidas en el invernadero para cada tratamiento, como se describe al final de la sección 3.3.

Cuadro 11. Número de plántulas emergidas en maceteros, remanentes de semillas extraídas por el método de Malone (1967) y porcentaje de eficiencia del método de germinación en maceteros.

TRAT	PLANTULAS MACETEROS	SEMILLAS MALONE	SUMA	EFICIENCIA MACETEROS (%)
1	770	46	816	94
2	832	52	884	94
3	518	53	571	91
4	470	20	490	96
5	438	50	488	90
6	518	44	562	92
7	397	44	441	90
8	481	39	520	93
9	361	44	405	85
10	406	29	435	93
11	542	45	587	92
12	549	94	643	85

Asumiendo que la eficiencia del método de Malone es del 100%, los resultados indican que, para la gran mayoría de los tratamientos el método de germinación en maceteros logra una eficiencia superior al 90%.

Si bien los resultados indican un 93% de eficiencia en la labranza convencional y 90% en cero labranza, es probable que la eficiencia del método de maceteros se hubiera aumentado si a las semillas de malezas extraídas mediante la prueba de Malone se les hubiera practicado una evaluación de viabilidad, ya que posiblemente algunas de las semillas recuperadas no eran viables. La menor eficiencia en las muestras de cero labranza comparada con la convencional podría reforzar este argumento ya que como se ha indicado, se presenta más pérdida de viabilidad de semillas en esta labranza.

## 5. CONCLUSIONES

- 1) Del total de especies presentes en el banco, sólo un 35% fueron determinadas en los recuentos de superficie, pero estas son las especies de mayor importancia como malezas. Un 65% de las especies restantes permanecen en el banco como una reserva en espera de condiciones adecuadas para su germinación.
- 2) La población de las distintas especies de malezas en el campo solo representó entre 0.52 y 7.76% de la población de semillas en el banco.
- 3) En el poco tiempo de duración (dos años) de las variables sistemas de cultivo y aplicación de insecticida al suelo no se alcanzó a notar un definido efecto de ellas sobre el comportamiento de banco ni sobre las especies en la superficie.
- 4) Tanto en la superficie como en el banco, en la labranza convencional siempre hubo una mayor densidad total de malezas. Sin embargo, en el banco las especies CYPSS, DRYCO, LUDDE y SPAPA alcanzaron mayores densidades en cero labranza. No hubo diferencia en tipo de especies presentes entre las dos labranzas.
- 5) En general, un alto porcentaje de la mayoría de las semillas de las malezas parecen tener una viabilidad corta, principalmente cuando quedan sobre la superficie del campo en cero labranza.
- 6) En el banco parecen existir algunas especies mucho más persistentes que otras. Además, dentro de muchas especies un alto porcentaje de las semillas pierde su latencia rápidamente mientras que una menor proporción permanece viable por más tiempo en el banco.
- 7) Dentro del banco, las especies no reaccionan de manera individual. Existen relaciones entre ellas y forman grupos que responden de manera similar a las manifestaciones del medio ambiente.
- 8) Algunas especies tienen un posible efecto inhibitorio sobre la germinación de otras (LIDCR y LUDDE), las cuales aumentan su aparición en el banco cuando la población de las primeras en el medio ha disminuido.
- 9) Bajo cero labranza, la competencia de las malezas anuales se podría reducir o eliminar con una eficaz medida de control al comienzo del establecimiento del cultivo.

- 10) Las especies BOILF, CYPSS, ELEIN y ECLAL requieren de buenas condiciones de luz y fluctuaciones amplias de temperatura para una más abundante germinación. COMDI germinó mejor en condiciones de humedad en el medio.

## 6. RECOMENDACIONES

- 1) Continuar por más tiempo las observaciones sobre el posible efecto de las variables de sistema del cultivo (monocultivo y rotación) y del efecto de la aplicación de insecticida al suelo sobre la vegetación y banco de semillas de malezas.
- 2) Hacer estudios específicos sobre las propiedades biológicas de algunas especies individuales para conocer su posible comportamiento ante las variables de clima (luz, temperatura, CO<sup>2</sup>, humedad).
- 3) Para los estudios de bancos de semillas, el método de germinación de malezas en muestras de suelo en maceteros de poca profundidad puede utilizarse con tanta eficacia como los métodos de extracción de semillas.

## 7. LITERATURA CITADA

- ALDRICH, R. J. 1984. Weed-crop ecology. *In* Principles in weed management. Belmont, CA, Wadsworth. p 1-13, 20-21, 47-77, 390, 401.
- ANDINO MEDRANO, J. S. 1989. Efecto de las labranzas y rotación de cultivos sobre la población de malezas. Tesis Mg. Sc. Turrialba C. R. CATIE. 155 p.
- BAKER, H. G. 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. *In*. Ecology of soil seed banks. Eds. by Mary Allesio Leck, V. Thomas Parker, Robert L. Simpson. San Diego, Calif. Academic Press. p. 9-21.
- BALL, D. A.; MILLER, S. D. 1989. A comparison of techniques for estimation of arable soil seedbanks and their relationship to weed flora. *Weed Res.* 29:365-373.
- BALL, D. A.; MILLER, S. D. 1989. Influence of cropping history on soil seed bank and weed flora in corn. *WSSA Abstracts (EE. UU.)* 29:57.
- BARRALIS, G. CHADOEUF, R. et LONCHAMP. 1988. Longevité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research* 28: 407-418
- BASKIN, J. K.; BASKIN, C. C. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *Biology Science.* 35:492-498.
- BASKIN, J. K.; BASKIN, C. C. 1987. Environmentally induced changes in the dormancy states of buried weeds seeds. *In* British crop protection. Conference of Weeds. Londres U.K.
- BENOIT, D. L.; SWANTON, C. J.; CHANDLER, K.; DERKSEN, D.A. 1991. Changes in weed populations and seed bank through two cycles of maiza-soyabean rotation in Ontario, Canada. *In* British crop protection. Conference of Weeds. Londres U.K. 1:403-410
- BEWLEY, J. D.; BLACK, D. 1985. Seeds; physiology of development and germination. New York, Plenum Press. 367 p.
- BIGDWOOD, D. W.; INOUE, D.W. 1988. Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology, Ecological Society of America*, 69: 479-507.
- BRIDGEMOHAN, P.; BRATHWAITE, R. A. I.; McDAVID, C. R. 1991. Seed survival and patterns of seedling emergence studies of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) W. D. Clayton in cultivated soil. *Weed Research* 31:265-272
- BROWN, J. S.; LAWRENCE VENABLE, D. 1991. Life history evolution of seed-bank annuals in response to seed predation. *Evolutionary Ecology*, 5:12-29.
- CARDINA, J.; REGINER, E.; HARRISON. K. 1991. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Sci.* 39: 186-194.
- CHANCELLOR, R. J. 1964. The depth of weed seed germination in the field. *Proc. 7<sup>th</sup> Brit. Weed Control Conf.*, 607-614.

- COUSENS, R.; MOSS, S. R. 1990. A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Research* 30:61-70.
- CRUZ PEREZ, L. M. s.f. Manual de laboratorio de ecología vegetal. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronomicas. Depto. de Fitotecnia. 43-64 p.
- DICK, W. A. 1984. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:569-574.
- EGLEY, G. H. 1986. Stimulation of weed seed germination in soil. *Weed Sci.* 2:69-84.
- EGLEY, G. H.; CHANDLER, J. M. 1983. Longevity of weed seed after 5.5 years in the Stoneville 50 years buried seed study. *Weed Sci.* 31:264-270.
- EGLEY, G. H.; WILLIAMS, R. D. 1990. Decline of weed seeds and seedling emergence over five years as affected by soil disturbances. *Weed Sci. (G. B.)* 38:504-510.
- ELLIS, R. H.; MONG, T. D. and ROBERTS, E. H. 1985. Handbook of seed technology for genebanks. Vol. 1 Principles and methodology. International Board for Plant Genetic Resources. Rome.
- EVANS, R. A.; YOUNG, J. A. 1972. Microsite requirements for establishment of annual rangeland weeds. *Weed Sci. (EE. UU.)* 20(4):350-356.
- FERNANDEZ, O. N. 1989. Aspectos metodológicos del estudio de poblaciones de malezas. In. Seminario de dinámica de poblaciones. Control de malezas en soja (1986, Santa Fé, Argentina). Diálogo XXVI. Ed. Juan P. Puignaum. Montevideo, Uruguay, IICA. 49-62 p.
- FROUD-WILLIAMS, R. J.; CHANCELLOR, R. J.; DRENNAN, D. S. H. 1983b. Influence of cultivation regime upon buried weed seeds arable cropping systems. *Journal of Applied Ecology (G. B.)* 20:199-208.
- FROUD-WILLIAMS, R. J.; DRENNAN, D. S. H.; CHANCELLOR, R. J. 1983a. Influence of cultivation regime on weed floras of arable cropping systems. *Journal of Applied Ecology (G.B.)* 20:187-197.
- GARWOOD, N. C. 1989. Tropical soil seed banks: A review. In. Ecology of soil seed banks. Ed. by M. Allesio Leco; V. T. Parker; R. L. Simpson. San Diego, Calif. Academic Press. p. 149-209.
- GRIME, J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevant to ecological and evolutionary theory. *Amer. Nat.* 111: 1169-1194
- GROSS, K. L.; RENNER, K. A. 1989. A new method for estimating seed numbers in the soil. *Weed Science*, 37:836-839.
- HARPER, J. 1977. Population biology of plants. London Academic Press. 892 p.
- HUTCHINGS, J. 1986. The structure of plant population. In: Plant Ecology. Michel J. Crawley ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford London. 97-136 p.

- IMPORTANT WEEDS of the world (Scientific and Common Names, Synonyms, and WSSA Approves Computer Codes). 1983. 3ed. Bayer AG, Leverkusen, Federal Republic of Germany. 711p.
- JOHNSON, R. A. y WICHERN, D. W. 1982. Applied multivariate statistical analysis p. 361-362
- JOHNSON, W. C.; COBLE, H. D. 1986. Crop rotation and herbicide effects on the population dynamics of two annual grasses. *Weed Science (EE. UU.)* 34:452-456.
- KARSSSEN, C. M. 1981. Environmental conditions and endogenous mechanisms involved in dormancy secondary of seeds. *Israel J. Bot.* 29:45-64.
- LEKC M. A ; PARKER V. T.; SIMPSON R. L. eds. 1989. Ecology of soil seed banks. San Diego, Calif. Academic Press. 462 p.
- LOUDA, S. M. 1989. Predation in the dynamics of seed regeneration. In. Ecology of soil seed banks. Eds. by Mary Alessio Leck, V. Thomas Parker, Robert L. Simpson. San Diego, Calif. Academic Press. p. 25-49.
- LUDWIG, J. A. y REYNOLDS, J. F. 1988. Statistical ecology a primer on methods and computing. Jhon Wiley & Sons, U.S.A. 337 p.
- MALONE, C. R. 1967. A rapid method for enumeration of viable seeds in soil. *Weeds (EE. UU.)* 15: 381-382.
- MARGALEF, R. 1982. Ecología. Omega ed. Barcelona, España. 352-353 p.
- MARTIN, A. C.; BARKELEY, D. W. 1961. Seed identification manual. Los Angeles, University of California Press. 221 p.
- MORTIMER, A. M. 1987. The population ecology of weeds implications for integrated weed management fore casting and conservation. Proceedings (1987) British Crop Protection Cenference weeds 3:935-943.
- MUTCH, D. R.; MICHALAK, P. S. 1985. A comparative analysis of three weed sampling methods in corn. *Weeds Today* 16(4):10-11.
- NUMATA, M. 1982. A methodology for the study of weed vegetation. In: W. Holzner and N. Numata (Eds) *Biology and Ecology of Weed*. Dr. W. Junk Publishers The Hague. 21 p.
- OGG, Jr A. G.; DAWSON, J. H. 1984. Time of emergence of eight weed species. *Weed Sci.* 32: 327-335.
- OKA, H. I.; KMORISHIMA, H. 1982. Ecological genetics and the evolution of weeds. In: W. Holzner and N. Numata (Eds) *Biology and Ecology of weeds*. Dr. W. Junk Publishers. The Hague. p.73
- PAREJA, M. 1984. Seed soil microsite characteristics in relation to weed seed germination. Ph. D. Thesis. Ames EE. UU., Iowa State University. 185 p.
- PAREJA, M. 1988. Dinámica de semillas de maleza en el suelo. *Boletín Informativo Manejo Integrado de Plagas (C. R.)* No. 8:30-49

- PAREJA, M. R. 1986. Biología y ecología de malezas como base para el desarrollo de programa de manejo integrado de malezas (MIM). Revista del Proyecto MIP/CATIE No.1: 5-10 p.
- PAREJA, M.; STANIFORTH, D. W.; PAREJA, P. G. 1985. Distribution of weed seed among soil structural units. Weed Science (EE. UU.) 33:190-195.
- PRESTON, F. W. 1984. The commonness, and rarity of especies. Ecology 59:1248-1255.
- RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S. 1984. Weed ecology: Implications for vegetation management. New York, Wiley 265 p.
- ROBERST, H. A.; DAWKINS, P. A. 1967. Effect of cultivation on the number of viable weed seeds in soil. Weed Res. 7: 290-301.
- ROBERTS, H. A. 1958. Studies on the weeds of vegetable crops. 1. Initial effects of cropping on the weed seeds in the soil. Journal of Ecology (G. B.) 46:759-768.
- ROBERTS, H. A. 1970. Viable weed seeds in cultivated soils. Natn. Veg. Res. Stn. Ann. Rep. 1969:25-38.
- ROBERTS, H. A.; FEAST, P. M. 1973. Emergence and longevity of seeds of annual weeds in cultivates and undisturbed soil. Journal of Applied Ecology (G. B.) 10:133-143.
- ROBERTS, H. A.; MURDOCK, A. J.; ELLIS, R. H. 1987. The interaction of environmental factors on seed dormancy. In British crop protection conference, London, U. K.
- ROBERTS, H. A.; NEILSON, J. E. 1981. Changes in the soil seed bank of four long-term crop/herbicide experiments. Journal of Applied Ecology (G.B.) 18:661-668.
- ROSS, J. D. 1984. Metabolic aspects of dormancy. In Seed physiology. Australia, Academic Press. 45-75 p. Vol. II.
- SAUNDERS, J.; ROJAS, E. 1985. Malezas presentes en maíz (*Zea mays*) bajo labranza convencional y cero labranza. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 2 p. (Mimeografiado).
- SCHAFER, D. E.; CHILCOTE, O. 1970. Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations; effects of soil temperature and moisture. Crop Sci. 10:342-345.
- SHAW, W. C. 1982. Integrated weed management systems technology for pest management. Weed Science, 30:1-11
- SHENK, M. D.; SAUNDERS, J.; ESCOBAR, G. 1983. Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea mays*) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Serie técnica, Boletín Técnico no. 8. 45 p.
- STINNER, B. R.; McCARTNEY, D. A.; VAN DOREN, Jr. D. M. 1988. Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn (*Maize, Zea mays* L.) systems: a comparison after 20 years of continuous cropping. Soil & Tillage Research 11:147-158.

- TAYLORSON, R. B. 1970. Changes in dormancy and viability of weed seeds in soil. *Weed Science (EE. UU.)* 18:265-269.
- TAYLORSON, R. B. 1982. Interaction of phytochrome and other factors in seed germination. In Khan, A.A. *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination.* Amsterdam, The Netherland, Elsevier/North-Holland Biomedical Press. p. 323-346.
- TEASDALE, J. R.; BESTE, C. E.; POTTS, W. E. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Sci.* 39: 195-199.
- THOMPSON, K. 1986. Small-scale heterogeneity in the seed bank of an acidic grassland. *Journal of Ecology* 74:733-738
- THOMPSON, K.; GRIME, J. P. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats.
- VANDERMEER, J.; ANDOW, D. A. 1986. Prophylactic and responsive components of an integrated pest management program. *Journal of Economic Entomology.* 79:299-302.
- VARGAS GUTIERRES, M. 1988. Distribución y germinación de algunas semillas de malezas en el perfil del suelo. Tesis, Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 72 p.
- WALKER, R. H.; BUCHANAN, G. A. 1982. Crop manipulation in integrated weed management systems. *Weed Science (EE. UU.)* 30 (Suppl.):17-24.
- WATANABE, Y. and F. HIROKAWA 1975 . Ecological studies on the germination and emergence of annual weeds. & Changes in emergence and viable seeds in cultivated and uncultivated soil. *Weed Res. (Japan)* 19:14-19. (cit. *Weed Abst.*).

## **8. ANEXOS**

Anexo N° 1A. Regimen de temperaturas del suelo a 2 y 5 cm de profundidad, durante las épocas de emergencia de plántulas de malezas para los recuentos de superficie. CATIE, 1989. (1)

MES	P R O M E D I O		D I A R I O	
	T. max. 0.2 cm	T. min. 0.2 cm	T. max. 0.5 cm	T. min. 0.5 cm
Enero	32.50	18.31	28.77	19.84
Abril	36.62	20.61	31.55	21.84
Mayo	36.49	20.44	31.58	22.10
Junio	33.80	20.16	29.93	21.72
Octubre	35.73	19.38	31.24	21.02
Noviembre	32.09	20.18	29.17	21.30
Diciembre	32.22	18.96	28.86	20.33

(1) Por carecer de los datos para los años 90 y 91 se dan como una referencia los datos de 1989.

Anexo N° 2A      Análisis de varianza para dos de los CP's de las malezas en la superficie del campo.

F.V.	G.L.	VALOR P	
		CP1	CP2
REP	1	0.0240	0.4362
SIS	2	0.0858	0.0001
LAB	1	0.1271	0.0001
LAB*SIS	2	0.5583	0.0498
INS	1	0.3104	0.9106
SIS*INS	2	0.3195	0.0624
LAB*INS	1	0.5158	0.2221
LAB*SIS*INS	2	0.8088	0.0020
EPO	3	0.0001	0.0001
SIS*EPO	6	0.1861	0.0241
LAB*EPO	3	0.0001	0.0001
INS*EPO	3	0.7048	0.7257
LAB*SIS*EPO	6	0.0258	0.0030
SIS*INS*EPO	6	0.9052	0.3325
LAB*INS*EPO	3	0.6587	0.8251
LAB*SIS*INS*EPO	6	0.7260	0.4087



Anexo N° 4A. Análisis de varianza para cuatro de los CP's de las malezas del banco de semillas

F.V.	G.L.	V A L O R			
		CP1	CP2	P CP3	CP4
REP	3	0.0039	0.0001	0.0001	0.1117
SIS	2	0.0001	0.0035	0.0001	0.0004
LAB	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.3004
LAB*SIS	2	0.0001	0.1490	0.0001	0.0029
INS	1	0.1964	0.2947	0.1814	0.8362
SIS*INS	2	0.0011	0.0026	0.0001	0.7161
LAB*INS	1	0.0001	0.6295	0.0018	0.0553
LAB*SIS*INS	2	0.0001	0.0077	0.0001	0.0079
PERF	1	0.0001	0.0001	0.8190	0.0059
SIS*PERF	2	0.6613	0.7711	0.3117	0.0950
LAB*PERF	1	0.0253	0.0001	0.0016	0.0003
INS*PERF	1	0.3910	0.2374	0.6024	0.6508
EPO	4	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
SIS*EPO	8	0.0005	0.6305	0.3445	0.0011
LAB*EPO	4	0.0001	0.0078	0.0078	0.0924
INS*EPO	4	0.5778	0.7570	0.3898	0.5271
PERF*EPO	4	0.0001	0.0345	0.2331	0.5373
LAB*PERF*EPO	4	0.0360	0.8801	0.9117	0.4473
SIS*PERF*EPO	8	0.7021	0.3815	0.9771	0.2069
LAB*SIS*EPO	8	0.1610	0.3147	0.0121	0.0100