

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

ESTUDIO DEMOGRÁFICO DE *Panicum miliaceum* L. EN UN CULTIVO DE SORGO EN PURUÁNDIRO MICHOACÁN

TESIS PROFESIONAL

Requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Presenta:

QUETZALCÓATL OROZCO RAMÍREZ

Chapingo, México, Enero de 2003.



Esta tesis fue realizada por el **C. Quetzalcóatl Orozco Ramírez**, bajo la dirección del **Dr. Guillermo Mondragón Pedrero** y asesorada por el **M. C. Juan Antonio Cruz Rodríguez**. Ha sido revisada y aprobada por el siguiente Comité Revisor y Jurado Examinador, para obtener el título de **Ingeniero en Agroecología**.

PRESIDENTE

Dr. Guillermo Mondragón Pedrero

SECRETARIO

M. C. Juan Antonio Cruz Rodríguez

VOCAL

M. C. Luis Manuel Serrano Covarruvias

SUPLENTE

Dr. Juan Lorenzo Medina Pitalúa

SUPLENTE

M. C. Alejandro Tecpa Jiménez

Chapingo, Texcoco, Edo. de México Enero de 2003.

AGRADECIMIENTOS

A:

Martha Ramírez (mami), José Luis Orozco (pata), Xochiquetzal Orozco (muñe), Rosa Rendón, Nicolás Jaimes, Guillermo Mondragón, Juan Antonio Cruz, Luis Manuel Serrano, Juan Lorenzo Medina, Alejandro Tecpa, Manuel González, Gustavo Gutiérrez

Por sus contribuciones al presente trabajo y todas las ayudas brindadas al autor.

También a:

Pedro R, Gerardo, Mayolo, Fernando, Fulgencio, Antonio, Juan G. Cesar C. David, J. Rosario, Juan C., Natanael, Ivan(2), Cesar G. Magda, Daniel Z., Denice, Pedro V. Eduardo, Ena, Saúl, Edelia, Daniel A. Hilda, Neón, Jesús, Luis E, Jorge A., Constantino, J. Manuel, Gilberto, Alejandro, Nazario, Esteban, Jorge R. Eric, Cecilio, Catalino, Rodrigo, Pedro R. Damián, Salvador, Saúl[†], Tomas, Elizabeth, Flor, Ana, Juan Carlos, Ely, Miguel, Nelly, Fernando G., Oscar, Rebeca Balbino y muchos más...

...con quines convivir fue el mejor premio

ÍNDICE

	Página
Índice de cuadros	<i>vi</i>
Índice de figuras	<i>vii</i>
Resumen	<i>viii</i>
Summary	<i>ix</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	4
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
2. ANTECEDENTES	5
2.1 Importancia económica de las malezas	5
2.2 Estudios sobre dinámica poblacional de malezas	6
2.3 Metodologías para estudios poblacionales de malezas	11
2.4 La especie bajo estudio	13
2.4.1 <i>Taxonomía y botánica</i>	13
2.4.2 <i>Distribución</i>	16
2.4.3 <i>Biología</i>	16
2.4.4 <i>Importancia como maleza</i>	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Ubicación y descripción del sitio	23
3.2 Método	24
3.2.1 <i>Prácticas de producción del cultivo de sorgo</i>	24
3.2.2 <i>Ubicación de las parcelas de observación</i>	25
3.2.3 <i>Determinación del banco de semillas</i>	25
3.2.4 <i>Seguimiento de la población</i>	25
3.2.5 <i>Determinación de los parámetros reproductivos</i>	26
3.2.6 <i>Determinación del porcentaje de germinación</i>	26
3.3 Análisis de datos	27
3.3.1 <i>Abundancia inicial</i>	27

	Página
3.3.2 <i>Supervivencia</i>	27
3.3.3 <i>Efecto del herbicida</i>	29
3.3.4 <i>Fecundidad</i>	29
3.3.5 <i>Crecimiento</i>	30
3.3.6 <i>Definición de términos</i>	30
4. RESULTADOS	33
4.1 Ciclo de vida	33
4.2 Abundancia inicial	34
4.3 Supervivencia y riesgo	36
4.4 Efecto del herbicida	38
4.5 Fecundidad	39
4.6 Localización de las plantas y tasa de supervivencia	40
4.7 Crecimiento	40
5. DISCUSIÓN	55
6. CONCLUSIONES	61
7. RECOMENDACIONES	62
8. LITERATURA CITADA	64
9. ANEXOS	73
9.1 Croquis de localización de las parcelas permanentes de observación	73
9.2 Ubicación de las plantas marcadas dentro de cada parcela de observación	73
9.3 Tablas de vida por parcela	74

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Coeficientes del modelo de regresión de máxima verosimilitud para los tiempos de supervivencia.	49
Cuadro 2. Altura, número de tallos y diámetro del cuello promedio a diferentes tiempos.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama del ciclo de vida general de una maleza que no tiene reproducción vegetativa.	9
Figura 2: Planta, panícula y semilla de <i>Panicum miliaceum</i> L.	15
Figura 3. Localización del área de trabajo.	23
Figura 4. Curvas de supervivencia típicas.	32
Figura 5. Ciclo de vida de <i>Panicum miliaceum</i> .	42
Figura 6. Abundancia de semillas y germinación de plántulas de <i>P. miliaceum</i> en cada parcela.	43
Figura 7. Diagrama de dispersión de la abundancia de semillas en el suelo y plántulas emergidas de <i>P. miliaceum</i> , línea de ajuste, ecuación de regresión.	44
Figura 8. Curva de supervivencia (\pm e. e.) de <i>P. miliaceum</i> en un cultivo de sorgo.	45
Figura 9. Riesgo de morir (\pm e. e.) de <i>P. miliaceum</i> en diferentes etapas.	46
Figura 10. Tasa de mortalidad (\pm e. e.) de <i>P. miliaceum</i> en diferentes etapas.	47
Figura 11. Densidad de <i>P. miliaceum</i> en cada etapa (individuos m ⁻²).	48
Figura 12. Mortalidad indispensable (\pm e. e.) de <i>P. miliaceum</i> en un cultivo de sorgo.	50
Figura 13. Adultos por metro cuadrado y tasa finita de crecimiento (R_0) de <i>P. miliaceum</i> en un cultivo de sorgo.	51
Figura 14. Incremento absoluto en altura promedio en cm día ⁻¹ De <i>P. miliaceum</i> en un cultivo de sorgo.	52
Figura 15. Tasa relativa de crecimiento de <i>P. miliaceum</i> en un cultivo de sorgo.	53

RESUMEN

Durante el ciclo primavera verano del 2001, en un cultivo de sorgo de la región de Puruándiro, Michoacán se realizó un estudio demográfico de *Panicum miliaceum* L., maleza que no había sido reportada para la zona. Esta maleza es una de las más importantes en el norte de Estados Unidos y Sur de Canadá en los cultivos de maíz, frijol, soya, chícharo, trigo, avena y sorgo. En México no se ha registrado como tal. Pero en dicho municipio de Michoacán, aunque no se tienen reportes de cuando comenzó a aparecer, se ha convertido en una maleza importante en el cultivo de sorgo. Para identificar las características de su ciclo de vida y demografía, se establecieron 12 parcelas de observación permanentes (1.2 m X 10 m). Al inicio del ciclo se estimó el banco de semillas, para posteriormente evaluar el cambio en densidad de plantas durante cinco censos. Además se marcaron 36 plantas por parcela para evaluar su crecimiento. Los datos se analizaron mediante el método de tablas de vida con el procedimiento LIFETEST de SAS, el cual arroja las funciones de supervivencia y riesgo; con LIFEREG se determinó el efecto sobre los tiempos de supervivencia de las siguientes variables: densidad de plántulas, densidad anterior a la muerte del individuo, altura de la planta, diámetro del cuello, número de tallos y posición dentro del surco. Se encontró que el banco de semillas se distribuye heterogéneamente, pero existe una relación directa entre la densidad de semillas y la densidad de plántulas. La curva de supervivencia fue tipo IV, con una alta mortalidad al inicio y que disminuye al final del ciclo. Las variables que influyeron en el tiempo de supervivencia son: densidad de plántulas, densidad anterior a la muerte del individuo, altura de la planta y posición dentro del surco. El efecto de la aplicación de herbicida fue alto, al provocar la mortalidad indispensable más alta (0.12) pero no fue suficiente para controlar la producción de semillas. Esto produce una tasa finita de crecimiento (R_0) promedio mayor de 19, que indica un crecimiento acelerado de la población.

Palabras clave: malezas, ecología, control, fecundidad.

SUMMARY

During the spring-summer seasons of 2001, in a sorghum crop growing on Puruándiro region, in the state of Michoacán, an experiment was carried out to study the demography of *Panicum miliaceum* L. This weed species had not been reported in this area. The weed species refereed is one of the main ones in the north of The United States and South of Canada growing in crops such as corn, bean, soybeans, pea, wheat, oat and sorghum. In Mexico it has not been registered as an important weed. Even though in this municipality of Michoacán, there were not previous reports when it started to appear, it seems to become into an important weed in sorghum crop. To identify the characteristics of its biology of life and demography, 12 permanent observation plots were settled down (1.2 m X 10 m). In the beginning of its life cycle, it was considered the seedbank, in order to evaluate the change in plant density during five censuses. 36 plants an each plot were also marked to evaluate their growth. The data were analyzed by means of the method of life table using LIFETEST of SAS procedure, which give us the functions of survival and hazard. Using LIFEREG of SAS procedure it was determined the survival time of the following variables: seedlings density, density previous to the individual's death, plant height, stem diameter at soil level, stems density and plant position in the row. It was found that the seeds bank was distributed heterogeneously, but there were a direct relationship between the seeds density and seedlings density. The survival curve was the type IV, with the highest mortality at the beginning of the life cycle and diminishing at the end of the live cycle. Variables that influence in the survival time were: seedlings density, density previous to the individual's death, plant height and position inside the row. The effect of the herbicide application was high, because it caused the highest indispensable mortality (0.12) but it was not enough to control seeds production.

Key words: weed, ecology, control, fecundity.

1. INTRODUCCIÓN

El surgimiento de los herbicidas como el principal recurso humano para combatir las malezas, centró a la investigación en la determinación de las dosis, la época, y la forma más adecuadas de aplicación. Se multiplicaron el número de sustancias herbicidas a tal grado que, en la actualidad, el agricultor tiene un abanico de opciones muy amplio para controlar las malezas con éste método. Sin embargo, el problema de éstas persiste en igual o mayor magnitud que antes de que se descubrieran estas sustancias. La gran aportación indirecta del método químico de control de malezas a la ciencia de la maleza es el reconocimiento, por parte de los investigadores, de la importancia del conocimiento biológico y ecológico de dichas plantas, conceptualizando al control químico como una pequeña parte de lo que se ha llamado manejo integral de malezas que, a su vez, está integrado a todo el manejo del agroecosistema.

El conocimiento de las características del ciclo de vida de las plantas arvenses provee del entendimiento de cómo actúan las prácticas de manejo de malezas y cómo éstas pueden mejorarse. En particular las diferencias entre las malezas y el cultivo en lo referente a características en germinación, tamaño de la semilla, tasa de crecimiento y susceptibilidad a estrés en sus diferentes etapas de vida, proveen opciones de manejo (Mohler, 2001). La ecología aporta conocimientos esenciales para un mejor manejo de malezas. Es importante realizar estudios ecológicos sobre las poblaciones de malezas, porque aportan información de valor para mejores

programas de manejo, más efectivos, económicos y menos contaminantes (Fernández *et al.*, 1991; Liebman y Gallandt, 1997).

Las comunidades de malezas son complejas, compuestas por muchas especies, pero se pueden identificar a algunas que son más agresivas que otras, ya sea por la densidad de su población, por sus estrategias de competencia o por su persistencia. Conocerlas permite determinar las especies sobre las cuales se requiere más atención y mayor estudio para aplicar opciones de control adecuadas.

Desde el punto de vista de la agroecología, el conocimiento de los componentes del agroecosistema es fundamental para el diseño de sistemas productivos agrícolas, con la meta a largo plazo de la sustentabilidad, este conocimiento debe ser el resultado de su estudio en conjunto, pero la complejidad del mismo lo limita. Por otro lado, la agroecología no sólo debe estudiar agroecosistemas con manejo alternativo o sustentables, sino que debe incursionar en los sistemas que usan tecnología moderna, con el fin de describir los procesos ecológicos que allí suceden para tratar de minimizar su impacto ecológico (Gliessman, 2000).

En el municipio de Puruándiro se ha detectado la presencia de *Panicum miliaceum* L. en el cultivo de sorgo; no se tienen reportes de su presencia en México, como maleza importante, y, sin embargo, se está convirtiendo en tal. Una de sus características es la resistencia a la atrazina (Robinson, 1973), uno de los herbicidas más usados en el cultivo de sorgo, por lo que su población a aumentado

considerablemente. Por esto resulta necesario investigar sobre su biología y su ecología, para conocer su comportamiento en esta región y determinar el impacto que tienen, sobre sus poblaciones, las prácticas de control utilizadas comúnmente y las variables ambientales.

En el norte centro de Los Estados Unidos, en las planicies maiceras del mismo país, y en el sur de Canadá, esta especie es una de las más importantes desde hace treinta años (Harvey, 1979), en los cultivos de maíz, soya y frijol principalmente. Aunque también se presenta en trigo, avena y sorgo (Doersch, 1979).

El presente trabajo plantea conseguir información demográfica de esta especie, la cual será indispensable para diseñar estrategias de control efectivas antes de que esta planta se convierta en un grave problema, dada la potencialidad que tiene por ser nueva en la región.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Describir la dinámica poblacional de la especie *Panicum miliaceum* en un cultivo de sorgo en el municipio de Puruándiro, bajo las condiciones comunes de manejo que los agricultores de la región realizan a dicho cultivo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Describir el ciclo de vida de *P. miliaceum*.
- Cuantificar el banco de semillas en el suelo y describir la relación entre éste y la abundancia de plántulas emergidas.
- Describir el desarrollo de la especie y las tasas de crecimiento.
- Determinar el impacto de la aplicación de herbicidas sobre la población de *P. miliaceum*

2. ANTECEDENTES

2.1 Importancia económica de las malezas

Liebman y Gallandt (1997) mencionan que en los Estados Unidos se usan más de seis billones de dólares anuales para el control de arvenses, ya sea a través de herbicidas, labores de cultivo o labranza. Más de la mitad de la mano de obra que se utiliza en un ciclo de cultivo está dedicada a controlar esa flora indeseable, la cual provoca que se pierda alrededor del 5% de la producción en los países desarrollados. En los países menos desarrollados puede representar una pérdida entre el 22 y 35% de la producción y una tercera parte del total de la producción mundial (García-Boudían y Mendiola, 1998).

La cantidad anual estimada de pérdidas por malezas en 46 cultivos de Estados Unidos, fue de 4.1 mil millones de dólares para 1991 y, si no existieran los herbicidas como principal método de control, las pérdidas aumentarían a 19.6 mil millones de dólares. En 1994 se estimó que el impacto económico de las malezas ascendía a 20 mil millones de dólares aproximadamente, en los Estados Unidos, contabilizando las pérdidas y los gastos por su control (Bridges y Anderson, citados por Ross y Lembi, 1999).

De acuerdo con el cultivo, los gastos para controlar malezas varían. Por ejemplo, para el cultivo de soya, el costo de su control equivale a 47% del total del costo de

producción y para el cultivo de maíz representa el 28 % del costo total de producción, ésto para Los Estados Unidos, en 1996 (Ross y Lembi, 1999).

En las pasadas cuatro décadas, el control de arvenses se centró en el uso de herbicidas, llegando a aplicar más de 200 millones de toneladas de ingredientes activos anualmente en Los Estados Unidos. Esto es más del 60% del total de plaguicidas aplicados. Tales hechos impulsaron nuevos métodos de control de arvenses y se propuso el manejo ecológico como consecuencia de la contaminación por la cantidad de herbicidas aplicados, el número mayor a un millón de incidentes a causa de envenenamiento por estos productos y la resistencia documentada de más de 100 especies a herbicidas comerciales, entre otros (Liebman y Gallandt, 1997).

2.2 Estudios sobre dinámica poblacional de malezas

La ecología poblacional es una rama de la ecología que trata sobre el impacto del ambiente sobre una población, o un grupo de individuos de una especie particular, en un área geográfica definida. Para el caso de las malezas, las poblaciones son seleccionadas por el hombre a través de las herramientas o prácticas diseñadas para suprimirlas (Harper, citado por Radosevich *et al.*, 1997). Por otro lado, la demografía es el estudio de los cambios numéricos en una población a través de las etapas de su desarrollo. El análisis de estos números puede sugerir las razones de los cambios en el tamaño de la población o los cambios en la composición de especies en el

tiempo. También, a través de un estudio demográfico pueden determinarse los efectos de las prácticas de manejo sobre la flora arvense (Radosevich *et al.*, 1997).

Hess (1994) menciona entre de las investigaciones necesarias en la ciencia de la maleza, se encuentra la mejora del conocimiento sobre la biología, ecología y genética de las malezas para optimizar su manejo.

La mayoría de los estudios sobre ecología de arvenses han puesto énfasis en las adaptaciones y características de crecimiento, que permiten a las malezas explotar los nichos ecológicos abiertos en las tierras de cultivo; además de los mecanismos de ajuste que habilitan a las arvenses a sobrevivir bajo condiciones de máxima alteración del suelo, tales como los sistemas convencionales de labranza (Altieri, 1990).

Según Altieri (1990) las contribuciones que los estudios agroecológicos pueden hacer para el manejo de las arvenses son:

1. Explicar los factores ecológicos que determinan la abundancia de arvenses.
2. Determinar las condiciones y el periodo en los cuales las arvenses se vean más vulnerables a las prácticas de manejo.
3. Proporcionar información para predecir las respuestas de las arvenses frente a los diversos patrones de cultivos y prácticas de control.
4. Dilucidar los lazos existentes entre las arvenses, los cultivos y otras especies.

Para estudiar la demografía de cualquier planta, se parte del estudio de su ciclo de vida, el cual es la unidad descriptiva fundamental de un organismo. Específicamente una planta individual es el resultado de una serie de procesos que comienzan con la fecundación y continúan con el crecimiento embrionario, la germinación, el establecimiento de la plántula, el desarrollo, la maduración, la reproducción y, finalmente, la senescencia y la muerte. Cada uno de estos procesos ocurren a una tasa cuantificable. Por lo que dichas tasas vitales forman parte básica de la demografía vegetal y describen el desarrollo de las plantas a través de su ciclo de vida. La respuesta de las tasas vitales al ambiente determina la dinámica poblacional, en un tiempo ecológico, y la evolución de la historia de vida en un tiempo evolutivo. El ciclo de vida puede dividirse en fracciones o etapas. Por ejemplo el ciclo de vida de una planta puede fragmentarse en una fracción activa (crecimiento vegetativo) y una pasiva (semillas u otra estructura reproductiva). El número de fases incluidas en el estudio depende en gran medida del propósito del mismo (Radosevich *et al.*, 1997).

En relación con el estudio del ciclo de vida de las malezas, que no tiene reproducción vegetativa, un esquema de trabajo puede ser el siguiente:

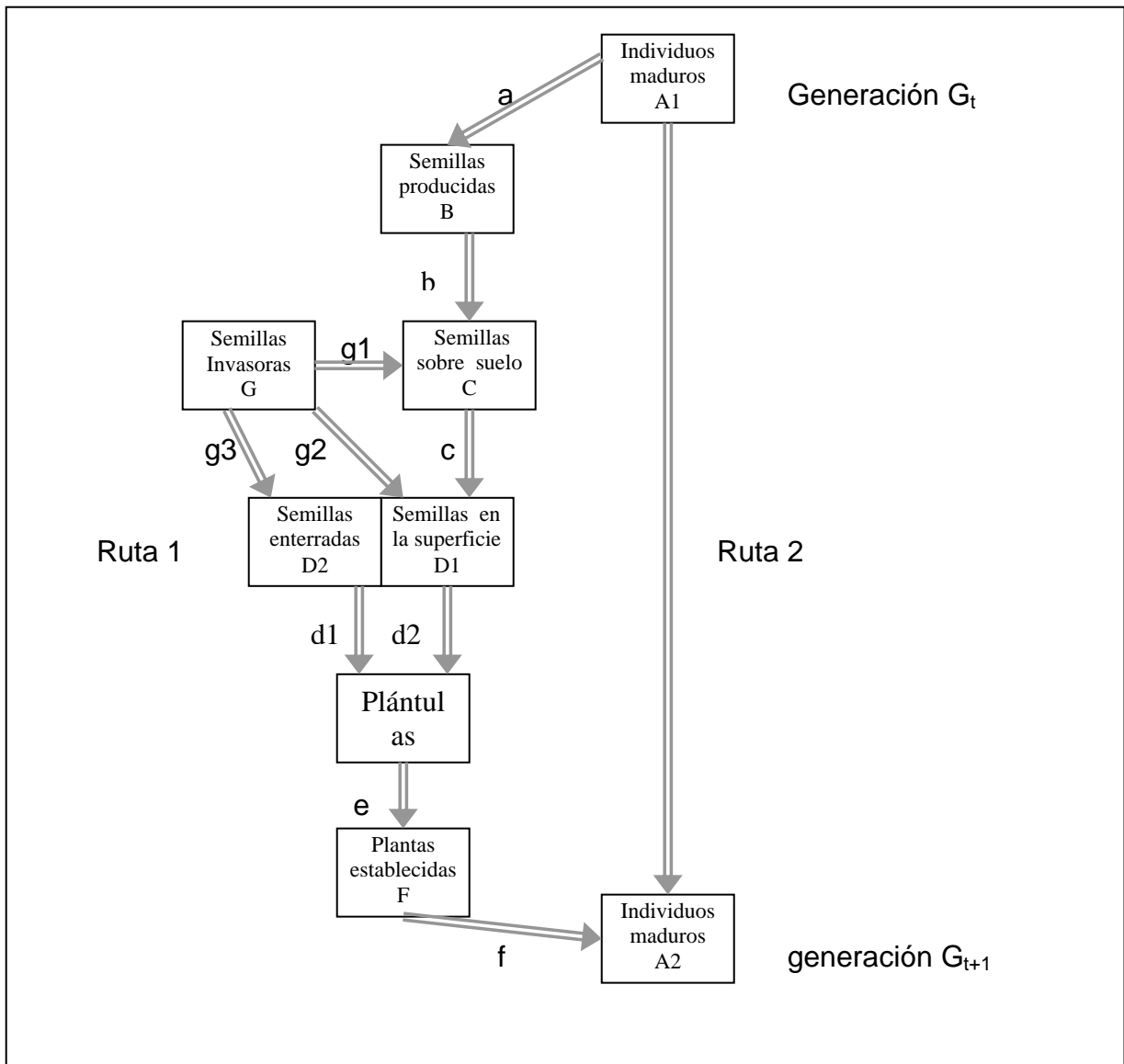


Figura 1. Diagrama del ciclo de vida general de una maleza que no tiene reproducción vegetativa (Tomado de Sagar y Mortimer, 1976).

Este diagrama muestra dos rutas por las cuales, la generación G_t , puede transcurrir para llegar a la generación G_{t+1} ; para el caso de una generación anual, la ruta 2 queda descartada. La ruta 1 implica reproducción sexual y se subdivide en 5 etapas: B es el total de semillas viables producidas por la generación A1; C es el número total de semillas que caen sobre la superficie del suelo, al cual se le suman algunas semillas invasoras G; D1 es el total de semillas viables del banco en la superficie del suelo, éstas pueden pasar a formar parte del banco de semillas bajo la superficie del suelo D2, que a su vez puede contener semillas almacenadas de años anteriores. E es el número de plántulas germinadas del banco de semillas; y F son las plantas establecidas. Las seis interfases de a hasta f representan la probabilidad que un individuo de la generación anterior tiene para pasar a la siguiente (Sagar y Mortimer, 1976).

Un aspecto clave en el estudio poblacional de malezas es el banco de semillas, el cual se define como el total de semillas que existen en el suelo. Puede estar compuesto por semillas de diferentes edades, algunas en estado latente expuestas a condiciones favorables o desfavorables para la germinación. Semillas a varios centímetros de profundidad en ocasiones son parte del banco de semillas, porque pueden regresar a la superficie por las labores de cultivo o por excavaciones de animales. Comúnmente las semillas que se ubican en la superficie del suelo son las más importantes en el manejo de las malezas porque éstas determinan en gran medida en número y las especies presentes en el cultivo cada año. El número de semillas en el suelo y las que regresen a él cada ciclo de cultivo determinan la

supervivencia de la especie y la potencialidad de convertirse en una amenaza para cultivos futuros (Aldrich, 1984).

La información demográfica sobre las malezas resulta de aplicación práctica, de acuerdo con Forcella *et al.* (1992), entendiendo la temporalidad y la cantidad de germinación de plántulas del banco de semillas se puede usar la preparación de la cama de siembra para controlar malezas. Además, simultáneamente permite la predicción de la presión de que será objeto el cultivo por parte de las malezas. La densidad del banco de semillas y la emergencia proporcional del mismo es una variable fundamental para el éxito biológico y económico de los modelos de manejo de malezas.

2.3 Metodologías para estudios poblacionales de malezas

Comprender la dinámica poblacional de malezas anuales implica realizar trabajos de determinación de banco de semillas y, de forma ideal se puede comenzar con la cuantificación de la lluvia de semillas del ciclo anterior. Sin embargo, dado que las semillas de malezas anuales maduran secuencialmente, varía en gran medida el número que se produce, se dispersan en un espacio de tiempo amplio, por lo que es difícil cuantificarlas antes de que entren al banco de semillas. Además, gran cantidad de las semillas que caen al suelo son inviables o están latentes. Por tales motivos, una forma de comenzar el estudio de los ciclos de vida de las malezas anuales es

determinando la cantidad de semillas viables en el banco del suelo (Forcella *et al.*, 1992). El mismo autor, en una investigación regional sobre banco de semillas, en la franja maicera de Estados Unidos, describe que las técnicas utilizadas variaron entre la toma de muestras de 2.2 cm a 7.5 cm de diámetro, de 10 a 20 cm de profundidad y de 20 a 48 muestras en sitios de 40 a 1100 m². Cavers *et al.* (1992) utilizaron una hectárea para realizar un estudio sobre banco de semillas de *Panicum miliaceum*, la dividieron en cuadrados 1 m X 1m y seleccionaron al azar 50 cuadrados. En cada cuadrado tomaron dos muestras de suelo de 7.5 cm de diámetro por 11.3 cm de profundidad. Separaron las semillas usando cribas de varios tamaños.

Por otro lado, el banco de semillas no es homogéneo en todo el terreno de cultivo; su variación es muy alta, por esta razón, investigadores dedicados a estos estudios han concluido que el número mínimo de muestras para conocer la densidad de semillas en terrenos cultivados es de 100 (Benoit *et al.*, 1992).

La toma de muestras del banco de semillas se rige, según Dessait (citado por Benoit *et al.*, 1992), por los siguientes principios:

1. Existe una relación entre el número de especies y el número total de muestras colectadas, sin tener en cuenta cuántas muestras son colectadas.
2. El incremento en el número de especies resultantes es una función del número de muestras usadas para elaborar cada una de las muestras compuestas para un número fijo de muestras compuestas.

3. El número total de especies resultantes también es una función del número total de muestras compuestas colectadas, si éstas son elaboradas por un número específico de muestras independientes por muestra compuesta.
4. Las condiciones expuestas en los puntos 2 y 3 tienden a converger hacia un límite que corresponde al actual número de especies presentes.
5. Se puede demostrar una relación lineal, después de una transformación logarítmica, entre la media y la varianza para el global de las especies y para grupos de especies con densidades mayores a 60 semillas m⁻².
6. El coeficiente de regresión (b) de esta relación lineal no es único para tierras cultivadas, pues variará con la localización de las mismas.
7. Esta relación lineal se obtiene mejor con muestras individuales y no con muestras compuestas.

2.4 La especie bajo estudio

2.4.1 Taxonomía y botánica. El nombre científico de la especie es *Panicum miliaceum* L. Pertenece a la familia de las gramíneas (Hitchcock, 1950), en España es conocido como mijo común¹ y en los Estados Unidos como prove, hog millet, brown corn millet, broom corn millet².

¹INRA. Unité de malherbologie & agronomie. Página en Internet: http://www.dijon.inra.fr/malherbo/hyppa/hyppa-a/panmi_ah.htm consultada el 17 de noviembre de 2001.

²FAO. *Panicum miliaceum* L. Página en internet: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/Data/Pf000280.HTM> consultada el día 2 de julio de 2002.

De acuerdo con Herrera (2001), *P. miliaceum* es una planta anual de tallos fuertes, erectos o decumbentes en la base, de 20 a 100 cm de longitud, nudos pubescentes o glabros (Figura 2). Las vainas son papilo-hispidas, algunas veces más largas que los entrenudos. Láminas foliares secas de color verde amarillento, más o menos pilosas a glabras en ambas superficies, mayores de 30 centímetros de longitud; de 1.5 a 2 centímetros de ancho, redondeadas en la base, gradualmente estrechándose hacia el ápice. La panícula, por lo general, está más o menos incluida en una base, de 10 a 30 cm de longitud, generalmente péndula, bastante compacta, con numerosas ramillas ascendentes muy escabrosas. Las espiguillas están colocadas en la parte final de las ramillas, tiene entre 4.5 y 5.5 mm de longitud, de más o menos 2 mm de ancho, ovaladas acuminadas, fuertemente multinervadas. La primera gluma es acuminada de 2.5 a 3.5 mm de longitud. La segunda gluma y lema de la flor estéril subyugales, del largo de la espiguilla, con una palea pequeña en la flor estéril. La lema de la flor fértil es de 3 a 4 mm de longitud, de 2 a 2.5 mm de ancho, elíptica de color pajizo a café rojizo.

La semilla es de color blanco, rojo o naranja en las variedades cultivadas y de café oscuro a negro en los biotipos maleza, los cuales son ocho. (Robinson, 1985).



Figura 2. Planta, panícula y semilla de *Panicum miliaceum* L.

Tomada de: <http://www.rmc.sierraclub.org/outings/weeds.shtml>

2.4.2 Distribución. Se reporta que la especie se distribuye sobresalientemente en el centro norte de Estados Unidos y sur de Canadá (Robinson, 1985). De acuerdo con Häfliger y Scholz (1980), se encuentra distribuida en Canadá; norte, sureste, centro sur y oeste de los Estados Unidos; Argentina y Uruguay; sur y este de África; en Europa en la Península Ibérica, Italia, Francia, las Islas Británicas, centro y sureste de Europa; la Ex URSS, Medio Oriente, India, China, Japón, Corea y el sureste de Asia; en Oceanía: Australia, Nueva Zelanda y las Islas del Pacífico.

Es la principal maleza en los cultivos de maíz dulce (*Zea mays L.*) y soya (*Glycine max*). En situaciones extremas éstos, cultivos se pierden por su invasión (Doersch, 1979). También se reporta en cultivos de frijol, chícharo, avena, trigo y sorgo, en la región mencionada de Estados Unidos y Canadá (McNevin y Harvey, 1982; O`Toole y Cavers, 1983; Robinson, 1985; Wilson, 1993a).

En México se ha reportado en el Estado de México, en el Municipio de Texcoco, y en Jalisco; en ambos lugares, en los cultivos de sorgo y maíz (Villaseñor y Espinosa, 1998; Herrera, 2001).

2.4.3 Biología. Doersch (1979) describe a *P. miliaceum L.* Como una maleza anual de rápida dispersión, crecimiento vigoroso y alta capacidad competitiva. Tiene abundantes vellosidades en la etapa de plántula. Las semillas son de color variable, entre el café oscuro y el negro. Es un productor prolífico de semillas, produce una

panícula grande y cargada de semillas que madura en agosto, por lo que las semillas pueden ser dispersadas por el equipo de cosecha de un campo a otro (McCanny y Cavers, 1988b).

O'Toole y Cavers (1983) encontraron que *P. miliaceum* produce 426 millones de semillas ha⁻¹ en frijol (*Phaseolus vulgaris*), 34 millones de semillas ha⁻¹ en maíz (*Zea mays*) y 1.5 millones de semillas ha⁻¹ en avena (*Hordeum vulgare* L.). En cuanto a la producción de semillas por planta se ha encontrado que tres biotipos producen un promedio 69 000, 83 000, y 94 000 semillas (Eberlein *et al.*, 1990). Por otro lado, en un cultivo de frijol con diez plantas m⁻², puede producir entre 14 780 y 21 420 semillas m⁻², y en un cultivo de maíz, la misma densidad de planta puede producir entre 4 200 y 6 200 semillas m⁻² (Wilson y Westra, 1991; Wilson, 1993a).

El patrón de semillas viables en el suelo es muy variable, pues se encuentra en un rango de 0 a 180 semillas por cada 1000 cm³ de muestra de suelo. (Cavers *et al.*, 1992). Tiene germinación discontinua y presenta letargo primario que se puede romper con el tiempo o bajo ciertas condiciones de almacenamiento; los porcentajes de letargo se encuentran entre 13 y 49%, dependiendo del biotipo que se trate (Shenk *et al.*, 1990; Eberlein *et al.*, 1990). Comparando los biotipos maleza con el cultivado, se ha determinado que a las ocho semanas después de emergida la panícula de los biotipos maleza, sólo unas cuantas semillas germinan; a las diez semanas germina el 22% mientras que el cultivado a las mismas diez semanas germina en un 92%. Striegel y Boldt (Cit. Shenk *et al.*, 1990), mencionan que la

germinación de *P. miliaceum* aumenta con la ausencia de luz, por lo que con el desarrollo del maíz y como consecuencia el sombreo de la superficie del suelo aumenta la germinación.

Se ha encontrado que *P. miliaceum* ha germinado adecuadamente cuando las temperaturas máximas y mínimas promedio son 22.1 ± 5.2 y 6.3 ± 3.9 respectivamente y el promedio diario es de 14.1 ± 4.1 . Cuando las plantas germinan en estas condiciones, cada planta produce en promedio 35 g de biomasa y 2810 semillas. Si las plantas emergen un mes después de que se dieron esas condiciones, producen el 88% menos de biomasa y de semillas (Anderson, 2000).

La literatura señala que *P. miliaceum* alcanza su madurez a los 90-100 días después de la emergencia³. A las ocho semanas después de la emergencia los ocho biotipos identificados alcanzan su altura máxima, la cual se encuentra entre los 120 cm y los 157 cm (Eberlein *et al.*, 1990).

Sobre la persistencia de esta especie en los campos de cultivo, se ha encontrado que es resistente a la desecación, a menos que se presente un daño a la raíz o la excavación de plantas, como cuando se escardan los cultivos. También es tolerante a varios tipos de daño mecánico, especialmente en la etapa de plántula (Cavers y Kane, 1990).

³ FAO. *Panicum miliaceum* L. Página en internet: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/Data/Pf000280.HTM> consultada el día 2 de julio de 2002.

Respecto a la potencialidad para dispersarse a campos no infestados, McCanny y Cavers (1988a) encontraron que existen diferencias entre biotipos; uno en especial, denominado semilla negra, resultó con una alta capacidad en este sentido. En general, se detectó que las semillas pueden transportarse a más de 50 metros por las cosechadoras combinadas (McCanny y Cavers, 1988b).

Los cultivos muestran una susceptibilidad diferencial para ser infestados, el maíz y el frijol resultan más propensos a ser invadidos que el trigo y la avena (McCanny y Cavers, 1988b).

2.4.4 Importancia como maleza. El mijo común (*Panicum miliaceum* L.), es un cultivo de grano, el cual es una importante fuente de alimento en varias partes del mundo, en las que se incluye el norte de China, India, África y el sur de Rusia. En Estados Unidos y Canadá es un cultivo de menor importancia, y se siembra después del trigo o avena de invierno, para proteger el suelo. También se usa como alimento de aves y ganado (Carpenter y Hopen, 1985; Robinson, 1985; Walters, 1996). La especie *P. miliaceum* L. a partir de los años setenta se convirtió en una de las principales malezas en Canadá y Estados Unidos, debido a su rápida dispersión (Harvey, 1979; Cavers *et al.*, 1992). A Principios de esa década se encontró la primera planta de esta especie en la Universidad del Oeste de Notario; al final de la misma década, se produjo la mayor invasión de *P. miliacem* en la región.

La variedad de *P. miliaceum* cultivada también suele ser problemática en los siguientes ciclos de cultivo, no al grado de los biotipos maleza, dado que durante los cinco años siguientes al de su cultivo se presenta una emergencia del 80% del total del banco de semillas en el primer año, el 17% el segundo año, el 2% el tercer año, el 1% el cuarto año, algunas cuantas el quinto año y cero el sexto año. Esto debido a que presenta menor letargo primario que los biotipos maleza (Robinson, 1985; Carpenter y Hopen, 1985).

Forcella *et al.*, (1992), en un estudio en la Franja Maicera de Estados Unidos indica que *P. miliacem*, aunque no es dominante en ningún sitio, es una maleza que en los últimos años ha aumentado en importancia.

La presencia de *P. miliaceum* en algunos cultivos puede interferir y reducir la cosecha; con una densidad de diez plantas por metro cuadrado se puede reducir entre un 12 y 31% el rendimiento en frijol y, la misma densidad, puede reducir entre 13 y 22% el rendimiento en maíz. Y si la densidad aumenta, la reducción de la cosecha se puede predecir con un modelo de regresión hiperbólico rectangular (Wilson y Westra 1991; Wilson 1993b).

Paterson *et al.* (1986), en un estudio comparativo entre *P. miliaceum* y *P. texanum*, el cual es otra gramínea maleza de importancia, concluyen que el primero posiblemente continuará siendo una maleza de importancia sólo al norte de Estados Unidos, dado

que su habilidad competitiva decrece con el aumento de la temperatura, por lo que no podrá colonizar con éxito áreas más cálidas.

Otra característica que hace a *P. miliaceum* importante es su resistencia a la atrazina, uno de los principales herbicidas usados en maíz (Robinson, 1973); de ahí que se haya desarrollado una gran cantidad de investigaciones sobre el control de esta maleza en diferentes cultivos y con diferentes herbicidas y prácticas de control. Para su control químico, se han hecho amplias investigaciones con varios herbicidas, mezclas, tiempos y formas de aplicación (Harvey *et al.*, 1986; Fawcett y Harvey, 1988; Shenk *et al.*, 1990; Kleppe y Harvey, 1991a; Kleppe y Harvey, 1991b), llegando a conclusiones como éstas: el porcentaje de control con imazetapir varía de un año a otro, dependiendo de las condiciones del cultivo, la maleza y el ambiente (Swanton y Chandler, 1990). Mekki y Leroux (1994) estudiaron su susceptibilidad al rimsulfuron, nicosulfuron y sus mezclas, encontrando que es susceptible al primero y muy susceptible al segundo, en los cultivos de maíz y soya. El control con herbicidas postemergentes como los aryloxfenoxypionatos y las cyclohexanedionas pueden funcionar sólo cuando se aplican en el tiempo debido (Harvey y Porter, 1990).

Es posible que solo con un manejo integrado, donde se utilicen las rotaciones de cultivos, variedades de cultivos competitivas con las malezas, manejo de fechas de siembra, herbicidas selectivos, labores culturales, se pueda controlar exitosamente esta arvense (Harvey y McNevin, 1990; Wilson 1993b). Sin embargo, Westra *et al.* (1990) buscaron la mejor alternativa para controlarlo en las planicies maiceras de

Estados Unidos, y llegaron a la conclusión de que es necesario estudiar nuevas tecnologías para aplicar herbicidas, nuevas sustancias herbicidas, biología de la semilla y germinación en la estación de crecimiento, para un mejor control.

En este sentido, la investigación actual no ha cambiado radicalmente para hacer frente a este problema; Williams y Harvey (2000) estudiaron el efecto del tiempo de aplicación de nicosulfuron para combatir *P. miliaceum*, y encontraron que el mejor momento es antes de que la arvense alcance los once centímetros de altura, para que no afecte el rendimiento del cultivo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y descripción del sitio

La parcela de estudio se ubicó en el ejido Puruándiro, del municipio con el mismo nombre, el cual se encuentra al norte del estado de Michoacán, en la región del Bajío, en los límites con el estado de Guanajuato (Figura 3). Sus coordenadas geográficas son: 101° 30' longitud oeste y 20°07' latitud norte, a una altitud de 1890 m. s. n. m. El clima es definido como templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media de 17° C, y una máxima de 35° y una mínima de 2° C. La precipitación total anual es de 818 mm (INEGI, 1998).

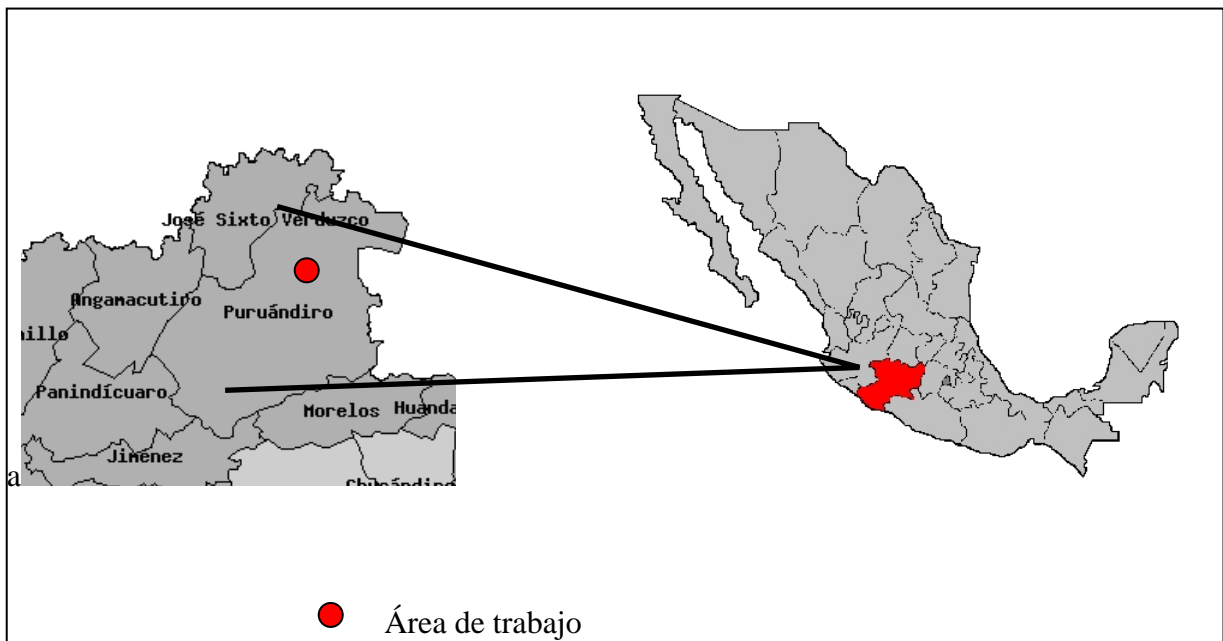


Figura 3. Localización del área de trabajo.

La topoforma es de valle con un suelo clasificado como vertisol pélico, es profundo, arcilloso fino y de color oscuro (INEGI, 1985). Se realizó un análisis de suelo de 0 a 30 cm de profundidad, al iniciar el experimento, el cual arrojó los siguientes datos: pH de 6.47; materia orgánica 2.82%; nitrógeno intercambiable 27.45 mg Kg⁻¹; fósforo 18.22 mg Kg⁻¹; potasio 385 mg Kg⁻¹.

3.2 Método

A continuación se presenta la metodología seguida durante la realización del trabajo, cada apartado está secuenciado de acuerdo al orden real que se siguió, excepto el primero que señala las labores de producción del cultivo de sorgo, el cual describe el proceso productivo del cultivo y que es el generalizado en la región.

3.2.1 Prácticas de producción del cultivo de sorgo. En los cuatro años anteriores en la parcela de trabajo se cultivó sorgo en monocultivo. Para el ciclo en el cual se llevó a cabo el estudio se realizaron las siguientes labores de preparación de suelos: barbecho, dos pasos de rastra y surcado. La variedad de sorgo sembrada fue "Pionner G47". Se sembró el día 25 de mayo, y se realizó la primera fertilización, que consistió en 45 Kg ha⁻¹ de nitrógeno y 115 Kg ha⁻¹ de fósforo. En la segunda fertilización se aplicaron 164 Kg ha⁻¹ de nitrógeno. Para el control de malezas se aplicó una mezcla de 480 g ha⁻¹ de ingrediente activo (i. a.) de 2-4 D amina, 250 g ha⁻¹ de i. a. de atrazina, 250 g ha⁻¹ de i. a. de terbutrina y 300 g ha⁻¹ de i. a. de paraquat,

una sola vez a los 30 días después de la emergencia. No se presentaron plagas en el cultivo. La cosecha se realizó el 10 de noviembre a los 175 días después de la siembra. Obteniéndose un rendimiento de 7 ton ha⁻¹.

3.2.2 Ubicación de las parcelas de observación: Los datos se tomaron en el ciclo agrícola primavera verano 2001. El diseño experimental fue completamente al azar, en una superficie total de una hectárea. Al inicio del cultivo se ubicaron doce parcelas de doce metros cuadrados cada una (1.2 m X 10 m). Dichas parcelas de observación se delimitaron permanentemente durante todo el ciclo de cultivo. La ubicación fue a lo largo de los surcos del cultivo, de tal manera que cada parcela cubrió un surco y medio (ver anexo 8.1 y 8.2).

3.2.3 Determinación del banco de semillas: Para la determinación del banco de semillas se tomaron doce muestras de 232 cm³ de suelo en cada parcela de observación, a una profundidad de 10 cm. Lo anterior se realizó antes de las lluvias y después de las labores de preparación de suelo. Se procedió a la separación de semillas del suelo usando una criba de laboratorio del número tres. Se disolvió el total de la muestra de suelo en agua, se hizo pasar por la criba y se agregó agua a presión para lavar las semillas y separarlas totalmente del suelo. Posteriormente, se identificaron y se contaron las semillas de *Panicum miliaceum*.

3.2.4 Seguimiento de la población: A los 10 días después de la siembra se contabilizaron todas las plántulas de *P. miliaceum* emergidas en cada una de las

doce parcelas de observación. A las dos semanas siguientes se realizó un nuevo conteo y se marcaron 36 plantas de cada parcela, distribuidas homogéneamente: doce en el fondo del surco, doce en la costilla y doce en el lomo, a lo largo de la unidad de observación (ver anexo 8.2). A cada planta marcada se le asignó un número de control y se le tomaron medidas de altura, diámetro del cuello y número de tallos. El tercer muestreo se realizó al mes de haber realizado el primero y se contaron nuevamente en total de plantas vivas y a las marcadas se midieron nuevamente. El tercer, cuarto y quinto muestreos se hicieron con un mes de separación entre cada uno. En total se realizaron cinco conteos durante el ciclo de vida de la especie.

3.2.5 Determinación de los parámetros reproductivos: Para la determinación de los parámetros reproductivos se colectaron al azar cinco plantas maduras de cada parcela, a los 100 días de emergidas. Cada planta se colectó completa y se almacenó, de manera separada, en una bolsa de papel. Se realizó un conteo directo del total de semillas por espiga, por tallo y por planta.

3.2.6 Determinación del porcentaje de germinación: El porcentaje de germinación se determinó para conocer la proporción de semillas disponibles en el suelo, para ese ciclo, del total de semillas existentes en el banco. Para tal efecto se colocó el total de semillas extraídas de las muestras de suelos en cajas petri debidamente rotuladas por parcela y se introdujeron en cajas de germinación a 25° C durante 9

días. Diariamente se realizó un conteo directo de las semillas germinadas por cada caja petri.

3.3 Análisis de datos

3.3.1 Abundancia inicial: La estimación de la abundancia inicial se hizo con los datos del banco de semillas multiplicado por el máximo porcentaje de germinación, determinado en el laboratorio; de esta forma se estimó la máxima cantidad de semillas disponibles en el banco de semillas para la germinación en ese ciclo. A través de una regresión lineal se encontró la dependencia entre la abundancia de semillas y la germinación, así mismo se calculó la ecuación de regresión para la predicción de la emergencia, conociendo la abundancia de semillas en el suelo.

3.3.2 Supervivencia: Los censos se realizaron cada determinado intervalo de tiempo (Allison, 1995) por lo que no se pudo conocer con exactitud el tiempo de muerte, T , de las plantas; sólo se sabe que éste fue entre dos censos consecutivos. No obstante, para su estimación se considera que el tiempo en que ocurre un evento de muerte se comporta como una variable aleatoria que tiene cierta distribución de probabilidad. Para el análisis de supervivencia es común trabajar con una función denominada función de supervivencia, que está definida por $S(t) = \Pr\{T > t\} = 1 - F(t)$, siendo $F(t)$ una función de distribución acumulada. La función de supervivencia da la probabilidad de sobrevivir después del tiempo t . Dado que S es una probabilidad sus

límites son 0 y 1, y como T no puede ser negativo $S(0) = 1$. En virtud de esto, al aumentar t, S usualmente decrece pero nunca se incrementa.

Es posible estimar la función de riesgo, la cual nos indica la probabilidad de que un evento, en este caso un evento de mortalidad, se presente en un cierto intervalo de tiempo (Allison, 1995). Para construir la curva de supervivencia se usó el método de Tablas de vida para datos agrupados, para lo cual se utilizó el PROC LIFETEST de SAS (1989) y se elaboraron tablas de vida por parcela para completar la información de supervivencia y mortalidad obtenida del programa SAS. Este procedimiento nos permite estimar las probabilidades de supervivencia y riesgo, cuando conocemos el número de supervivientes y de muertos en cada intervalo. También se obtuvo la curva de riesgo.

Las plantas se encontraron bajo condiciones de posición diferentes, tanto dentro del terreno de cultivo como dentro del surco; así mismo, cada parcela presentó diferencias en la densidad inicial y en la densidad en cada censo; además, cada planta era diferente en altura, número de tallos y diámetro del cuello. Se evaluó el efecto de estas características distintivas sobre el tiempo de supervivencia, a través de un modelo de regresión paramétrico, usando el método de máxima verosimilitud en PROC LIFEREG (SAS, 1989). El procedimiento LIFEREG analiza censos por intervalos, prueba hipótesis sobre la forma de la función de riesgo y permite manejar variables categóricas con valores múltiples (Allison, 1995). Con el propósito de mejorar la estimación de los coeficientes de regresión, con errores estándar más

pequeños, se realizó una prueba de bondad de ajuste para determinar el tipo de distribución de T . La distribución observada se comparó con las distribuciones teóricas: Weibull, Exponencial, Gamma, Log-logística y Log-normal. Para interpretar los valores de los coeficientes de las variables cuantitativas (β_i), se usará la transformación $100(e^\beta - 1)$, que de acuerdo con Allison (1995), proporciona el incremento, en términos de porcentaje, del tiempo de supervivencia al incrementarse en una unidad la variable considerada. Los valores de las covariables usadas en el análisis fueron los que presentaron las plantas en el último intervalo en que fueron censadas. En el caso de las plantas muertas se utilizaron los valores del último censo en que fueron registradas vivas.

3.3.3 Efecto del herbicida: La aplicación del herbicida fue la actividad humana que más impacto causó a la población de *Panicum miliaceum*. Se calculó la muerte indispensable promedio, de las doce parcelas, para conocer efecto de dicha aplicación sobre la población de adultos y determinar el impacto sobre la producción de semillas.

3.3.4 Fecundidad: Para determinar la contribución de los adultos a la nueva generación, en términos de la cantidad de semillas producidas respecto a cada semilla que se encontraba en el suelo al inicio del ciclo, se calculó la tasa finita de crecimiento (R_0). Este parámetro nos indica si la población se encuentra en crecimiento, en reducción o se mantiene sin cambios (Smith y Smith, 2001). Además

por medio de un análisis de varianza se determinó si existe diferencia en la supervivencia en las tres zonas del surco: el lomo, la costilla y el fondo.

3.3.5 Crecimiento: La altura, el diámetro del cuello y el número de tallos de las plantas en cada censo determinaron su dinámica de crecimiento. Se calculó la tasa relativa de crecimiento (TRC) y el incremento absoluto en altura (IAA). La TRC es el porcentaje de incremento en altura por día y permite comparar tasas de crecimiento entre individuos con alturas iniciales diferentes: $TRC = 100 (\ln A_t - \ln A_0) / t$. Donde A_0 es la altura inicial y A_t es la altura después del tiempo t (Hunt, 1990). El IAA se obtuvo de: $IAA = (A_t - A_0) / t$.

3.3.6 Definición de términos. Los siguientes términos serán usados en los resultados y la discusión, por lo que su explicación resulta necesaria.

Curva de supervivencia. Es la gráfica logarítmica o no logarítmica del número de individuos sobrevivientes de la edad x . Pear (Ricklefs y Miller, 1999) la expresó como el logaritmo de los individuos sobrevivientes en la edad x , y encontró tres tipos de curvas hipotéticas, mientras que Slobodkin (Southwood, 1978), graficó la supervivencia en cada etapa en valores absolutos y definió cuatro tipos de curvas de supervivencia (Figura 4).

Fecundidad: Número de individuos producidos por cada planta (m_x), o número de individuos producidos por el total de la cohorte (f_x) (Ricklefs y Miller, 1999).

Tasa de Mortalidad: También llamada mortalidad aparente, es una medida de la mortalidad que expresa el número de muertos como un porcentaje del número de individuos que entra a esa etapa (Southwood, 1978; Smith y Smith, 2001).

Mortalidad Indispensable: Es la parte de la mortalidad generacional que no hubiera ocurrido si el factor de mortalidad en cuestión fuera removido del sistema de vida, dejando que los otros factores de mortalidad actúen. A menudo se asume que estos factores todavía destruirán el mismo porcentaje independientemente del cambio en la densidad. Claramente esta premisa no siempre se justifica (Southwood, 1978).

Mortalidad real: Mortalidad calculada sobre la base de la densidad de la población en el inicio de la generación. La mortalidad real puede sumarse y es útil para comparar el rol de los factores poblacionales dentro de la misma generación (Southwood, 1978).

Probabilidad de muerte (q_x): Es la medida fundamental de la mortalidad, también conocida como tasa de mortalidad. Representa la probabilidad de que un individuo muera entre la edad x y la edad $x+1$.

Tabla de vida: Es una presentación tabular de la tasa de nacimientos y las probabilidades de morir para cada clase de edad de la población. Para construirla debemos conocer la estructura de edades de la población. La edad se designa por el

símbolo x . Las variables para cada edad específica se indican con el subíndice x (la primera clase o la de edad más joven se designa por $x=0$). Para las especies que su reproducción ocurre en una estación corta cada año, la clase de edad se compone por un grupo discreto de individuos nacidos aproximadamente el mismo tiempo. A este grupo se la conoce como cohorte (Ricklefs y Miller, 1999).

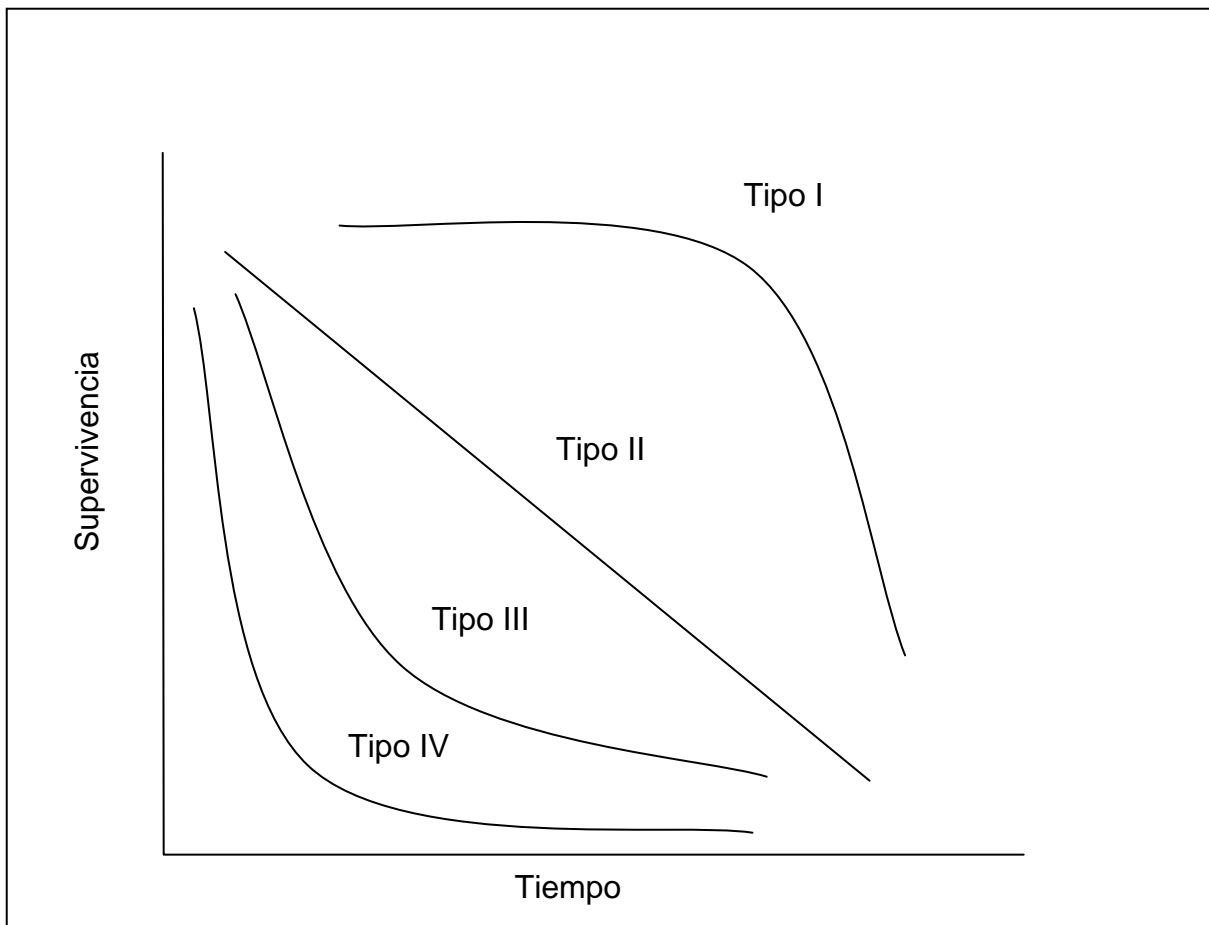


Figura 4. Curvas de supervivencia típicas (Tomada de Southwood, 1978).

4. RESULTADOS

4.1 Ciclo de vida

Panicum miliaceum L. es una especie con un ciclo de vida anual (Figura 5). En la región agrícola de Puruándiro crece en el periodo primavera verano en los cultivos de sorgo y maíz. Las plántulas emergen de abril a principios de junio, en función de la disponibilidad de agua. La mayor tasa de emergencia se presentó entre los cuatro y los ocho días después de que el suelo se humedeció por las lluvias, pero la emergencia también se presenta con el riego. Puede germinar a 7 cm de profundidad sin que la plántula muestre problemas o deficiencias en comparación con las que emergen a menos profundidad. Las plántulas son muy pubescentes y la primera hoja esta redondeada del ápice. La semilla se conserva unida a la raíz primaria, aún después de la etapa de plántula (ésta es una característica útil para la identificación de la especie en campo). De manera inmediata aparecen tallos laterales vigorosos y ensanchados de la base, al mismo tiempo que surgen raíces seminales y después raíces adventicias que forman una raíz fibrosa, común en las gramíneas. Esta planta es de rápido crecimiento, a los 100 días de que germinó presentó vástagos con una longitud de hasta 160 cm, siendo el promedio 95 cm. Las plantas que crecen entre el sorgo forman macollos de hasta 25 tallos; pero en sitios abiertos se producen más. Los tallos son fuertes y decumbentes en la base, de los cuales emerge una panícula de entre 10 y 30 cm de longitud, más o menos compacta. Las inflorescencias pueden contener desde 30 a 300 semillas. Por lo que una planta puede producir hasta 5900

semillas. Las hojas son verde amarillentas, pubescentes en ambas superficies, de más de 30 cm de longitud y 2 cm de ancho. La floración comienza a los 70 días después de la emergencia y se prolonga por 50 días más o menos. La maduración de los granos inicia a los 100 días después de la emergencia de la panícula, inicia en el ápice y avanza hacia la parte basal. Los frutos maduros se desprenden fácilmente y caen al suelo. En septiembre y octubre la planta termina de fructificar y muere. Esto sucede semanas antes de la cosecha del sorgo. Las semillas permanecen en el suelo hasta el siguiente ciclo de cultivo, en la primavera.

4.2 Abundancia inicial

La densidad de semillas (semillas m^{-2}) a 10 cm de profundidad varió considerablemente entre parcelas (Figura 6). Se estimó un promedio de 435.3 ± 306 (\pm desviación estándar) semillas m^{-2} . El coeficiente de variación (C. V.) fue de 70%, con un mínimo de 125.6 semillas m^{-2} y un máximo de 1155 semillas m^{-2} .

Las pruebas de germinación en el laboratorio mostraron que el $49 \pm 20\%$ de las semillas germinará. El C. V. en este caso fue de 40%, por lo que la germinación varió entre el 0% y 77%. De esta manera se estimó una germinación máxima posible en campo de 334 ± 235 semillas m^{-2} .

En el campo, por su parte, emergieron 70 ± 45 plántulas m^{-2} , lo que representa una emergencia promedio del banco de semillas de $20 \pm 16\%$. Si este dato lo comparamos con el porcentaje de germinación de las semillas extraídas del banco de semillas, determinado en el laboratorio, encontramos que el 74% de las semillas que potencialmente podrían germinar no emergen. Este resultado se debe tomar con cautela debido a que las condiciones del campo y del laboratorio son muy diferentes, y además no sabemos qué proporción de esas semillas tienen latencia y qué porcentaje muere entre la etapa de semilla y plántula.

Existe una correlación significativa (Correlación Pearson, $\alpha=0.01$) entre la abundancia de semillas y la densidad de plántulas emergidas, ($r = 0.78$). La emergencia (E) es explicada por la ecuación de regresión lineal $E = 0.1126s + 27.031$ ($r^2 = 0.60$) la cual permite predecir la abundancia de plántulas conociendo la densidad de semillas en el suelo (s) (Figura 7).

Se comprobó la presencia de latencia ya que, a los seis meses de recolectadas las semillas el porcentaje de germinación fue de $2.12 \pm 3.7\%$ a $25^{\circ} C$ y humedad a saturación. Aunque el coeficiente de variación es de 174%, es evidente que la germinación es muy baja.

4.3 Supervivencia y riesgo

La curva de supervivencia de *Panicum miliaceum* es del tipo IV (Figura 8), lo que significa que tiene una alta mortalidad en las primeras etapas de vida, la densidad poblacional se reduce drásticamente al inicio de la estación de crecimiento y se mantiene estable en las últimas etapas de vida. Dicha curva se elaboró a partir de los datos de la reserva de semillas y de las plántulas emergidas al inicio del ciclo. Partimos del supuesto de que de un banco de 334 semillas m^{-2} se obtuvo un promedio de 70 plántulas m^{-2} se infiere que la supervivencia cayó hasta el 0.26 ± 0.059 (\pm error estándar, e. e.), después de 10 días. Evidentemente esta situación podría sobreestimar la mortalidad ya que es probable que muchos de estos individuos no mueran sino que permanezcan latentes. La mortalidad durante este periodo obedeció exclusivamente a factores naturales, ya que la aplicación de herbicidas se realizó hasta los 30 días después de la emergencia.

La aplicación de herbicida provocó una reducción significativa de la población (0.028 ± 0.006 , correspondiente a 5 plantas m^{-2}), sin embargo después de este evento la población se estabiliza y prácticamente todos los individuos supervivientes llegarán a la etapa adulta.

Como se observa en la figura 9 el nivel de riesgo es mayor en las primeras etapas de desarrollo y disminuye significativamente en la etapa adulta. Los individuos que sobreviven hasta los cuarenta días prácticamente llegarán hasta adultos sin mayor

problema. Es notable que en la etapa de semilla y de plántula el riesgo de morir es el más alto, 0.43 ± 0.002 y 0.42 ± 0.002 respectivamente (\pm e. e.), una vez superadas estas fases el riesgo se reduce drásticamente, 0.01 ± 0.001 . Estas dos etapas corresponden a su vez con la caída en la curva de supervivencia.

Al igual que el riesgo de morir, la tasa de mortalidad o también llamada probabilidad de muerte en las primeras etapas es la más alta del ciclo (Figura 10), ya que a los cero días es del orden de 0.74 ± 0.059 (\pm e. e.), incrementándose en la etapa de plántula a los diez días a 0.87 ± 0.028 . Después del día 40 tiende a disminuir, y a su vez esta disminución en la tasa de mortalidad y del riesgo corresponden con la estabilización en la supervivencia.

A manera de resumen se establece que la densidad de plantas decrece de 70 plántulas m^{-2} emergidas a 4 plantas adultas m^{-2} (Figura 11). La estimación de la germinación se debe tomar con cautela dada la forma en que fue determinada, pero la figura ilustra claramente las reducciones en densidad entre una etapa y otra.

Con el fin de determinar cuáles variables estaban influyendo sobre el tiempo de supervivencia, se realizó un análisis de regresión con cada una de ellas (Cuadro 1). Las variables que se probaron fueron: la densidad inicial de la parcela; la densidad de la parcela en cada censo; la posición del individuo dentro del surco; la altura, el diámetro y el número de tallos del individuo.

El análisis de regresión mostró que todas las variables señaladas: la densidad inicial de la parcela, la densidad de la parcela en cada censo, la altura de los individuos y la posición dentro del surco, presentan efectos significativos sobre los tiempos de supervivencia.

El coeficiente de regresión de la densidad inicial (β) \pm e. e. = 0.0015 ± 0.0003 , indica que el incremento de una plántula por m^2 aumenta el tiempo de supervivencia en 0.15 %.

La densidad en cada censo se comporta de forma contraria a la densidad inicial de la parcela, ya que su efecto es negativo, esto indica que por cada individuo que permanezca en un m^2 el tiempo de supervivencia se reduce en 0.31 %.

La altura de la planta tiene un efecto positivo sobre el tiempo de supervivencia ($(\beta) \pm$ e. e.= 0.0053 ± 0.0004), esto significa que las plantas con mayor altura viven más tiempo. Por cada centímetro que la planta crece, su tiempo de supervivencia se incrementa en 0.53 %.

4.4 Efecto del herbicida

La aplicación de los herbicidas provocó un aumento notable en la tasa de mortalidad (0.87 ± 0.028 e.e) (Figura 10). El cálculo de la mortalidad indispensable (Figura 12)

nos indica que de no haberse aplicado los herbicidas la población final de adultos se hubiera incrementado en 12.92 % (valor de la muerte indispensable atribuida al herbicida). Esto equivale a incrementar 41 plantas adultas reales por m². Tal como se verá más adelante esto tendría un incremento mayor en la producción de semillas.

4.5 Fecundidad

La fecundidad promedio fue de 1193 ± 174 (\pm e. e.) semillas planta⁻¹. Si consideramos que persistieron aproximadamente cuatro individuos por metro cuadrado hasta la etapa adulta, la cantidad de semillas producidas por metro cuadrado, fue de 4787.

El promedio de la tasa neta de reproducción (R₀) fue de 19.4 ± 4.5 , lo que indica que por cada semilla, con capacidad potencial de germinación, en el suelo al inicio del ciclo, se obtuvieron 19.4 semillas al final de éste. Esta tasa es variable entre parcelas (Figura 13), sin embargo, en todas las parcelas el valor de R₀ es mayor a tres y máximo de 58. Lo que significa que la población está en crecimiento muy acelerado, sin embargo la velocidad de incremento poblacional está sobreestimada porque no todas las semillas producidas llegarán vivas al siguiente ciclo.

La fecundidad sin el efecto del herbicida, o sea, calculada a partir de la mortalidad indispensable, se hubiera incrementado en 51444 semillas m⁻² extras.

4.6 Localización de las plantas y tasa de supervivencia

Las plantas con mayores posibilidades de supervivencia fueron las que se localizaron en el lomo del surco. El porcentaje de adultos supervivientes con respecto a las plántulas marcadas fue: a) 45.83% en el lomo, b) 18.06% en la costilla y c) 13.19% en el fondo (Anexo 2). De acuerdo con la prueba de T ($\alpha=0.005$) existe diferencia significativa entre la supervivencia en el lomo del surco y la supervivencia en las otras dos posiciones: la costilla y el fondo. Las plantas que se ubican en la línea que crece el sorgo (en el lomo del surco) logran sobrevivir con mayor éxito, ya que la mezcla de herbicidas se aplica en forma dirigida, dado que no es selectiva.

4.7 Crecimiento

Las plántulas de *P. miliaceum* emergen entre los meses de mayo y junio, ya sea después de las lluvias o después de los primeros riegos. El periodo de crecimiento se extiende durante tres meses, ya que a principios de agosto aparecen las primeras panículas y a finales del mismo mes se pueden ver las primeras semillas maduras. Al momento de la cosecha del sorgo las plantas han muerto. Las semillas maduras caen muy fácilmente de la panícula con un pequeño movimiento de la planta.

P. miliaceum L. presenta un crecimiento acelerado en todas las etapas del ciclo, aunque no es constante (Figura 14). Destacan dos momentos, el primero de ellos se

presenta entre los 10 y los 40 días, en la etapa juvenil, donde el incremento absoluto en altura alcanza los 0.79 cm día^{-1} . Entre los días 70 y 100 se alcanza una tasa entre 0.87 cm día^{-1} y 1.26 cm día^{-1} . El primero corresponde al momento del alargamiento del tallo, después se presenta una reducción en la velocidad de crecimiento para después acelerarse en la etapa adulta con la aparición y el crecimiento de la inflorescencia.

Si consideramos la tasa relativa de crecimiento (Figura 15) se observa que el incremento en términos de porcentaje, pasó de 8.36 % en la etapa de plántula a 336.51 % en la etapa juvenil. A partir del día 40 el crecimiento fue constante pero a menor velocidad que al inicio, ya que pasó de 336.51 % a 392.33 % y al final llegó a 441.24 %.

Respecto al número tallos, se encontró que estos se reducen en el momento anterior a la etapa adulta (Cuadro 2), lo que afecta también al diámetro a nivel del cuello. Una vez alcanzada la etapa adulta el número de tallos se incrementa nuevamente.

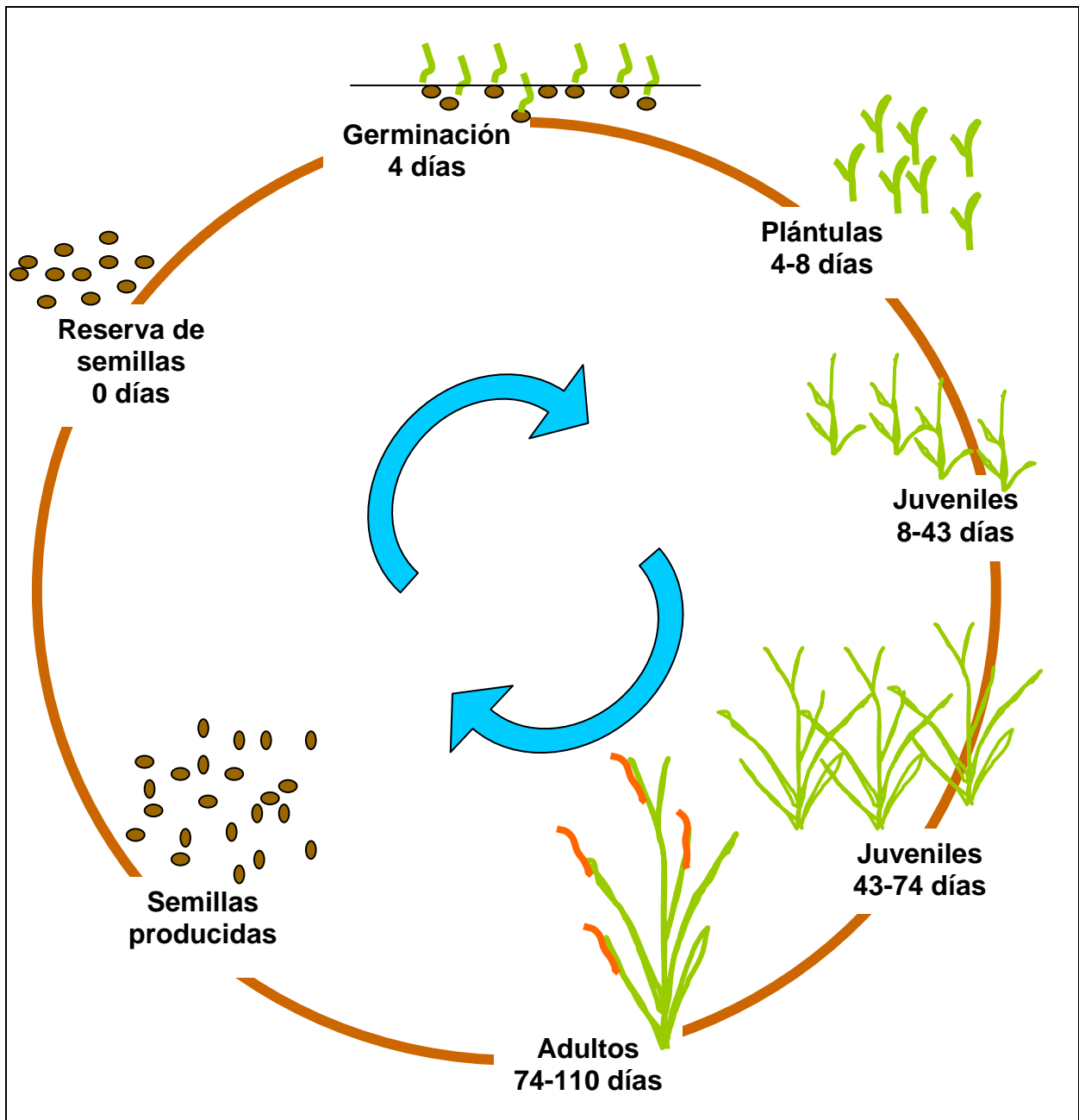


Figura 5. Ciclo de vida de *Panicum miliaceum* inicia cuando el suelo se humedece.

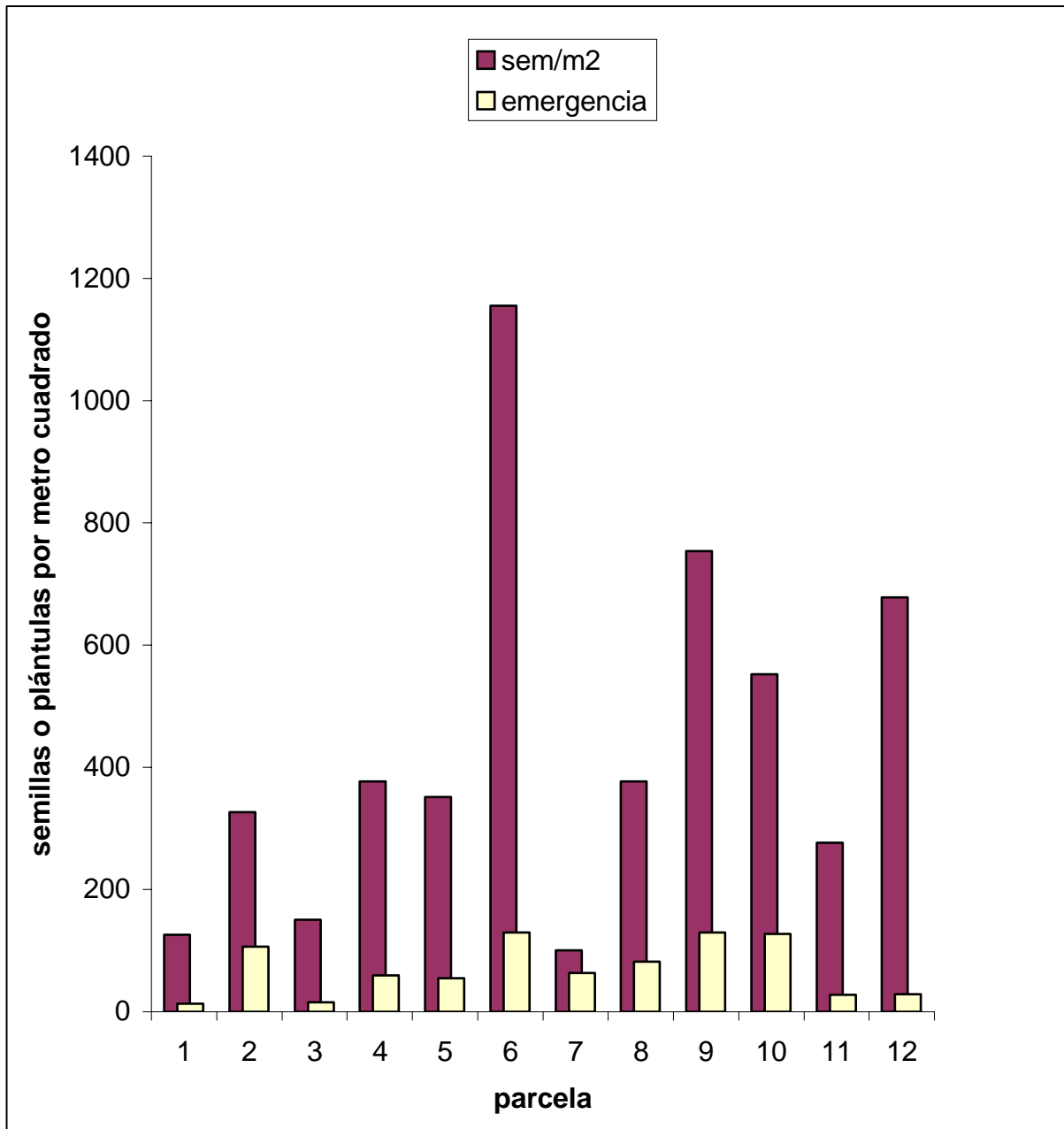


Figura 6. Abundancia de semillas y germinación de plántulas de *P. miliaceum* en cada parcela.

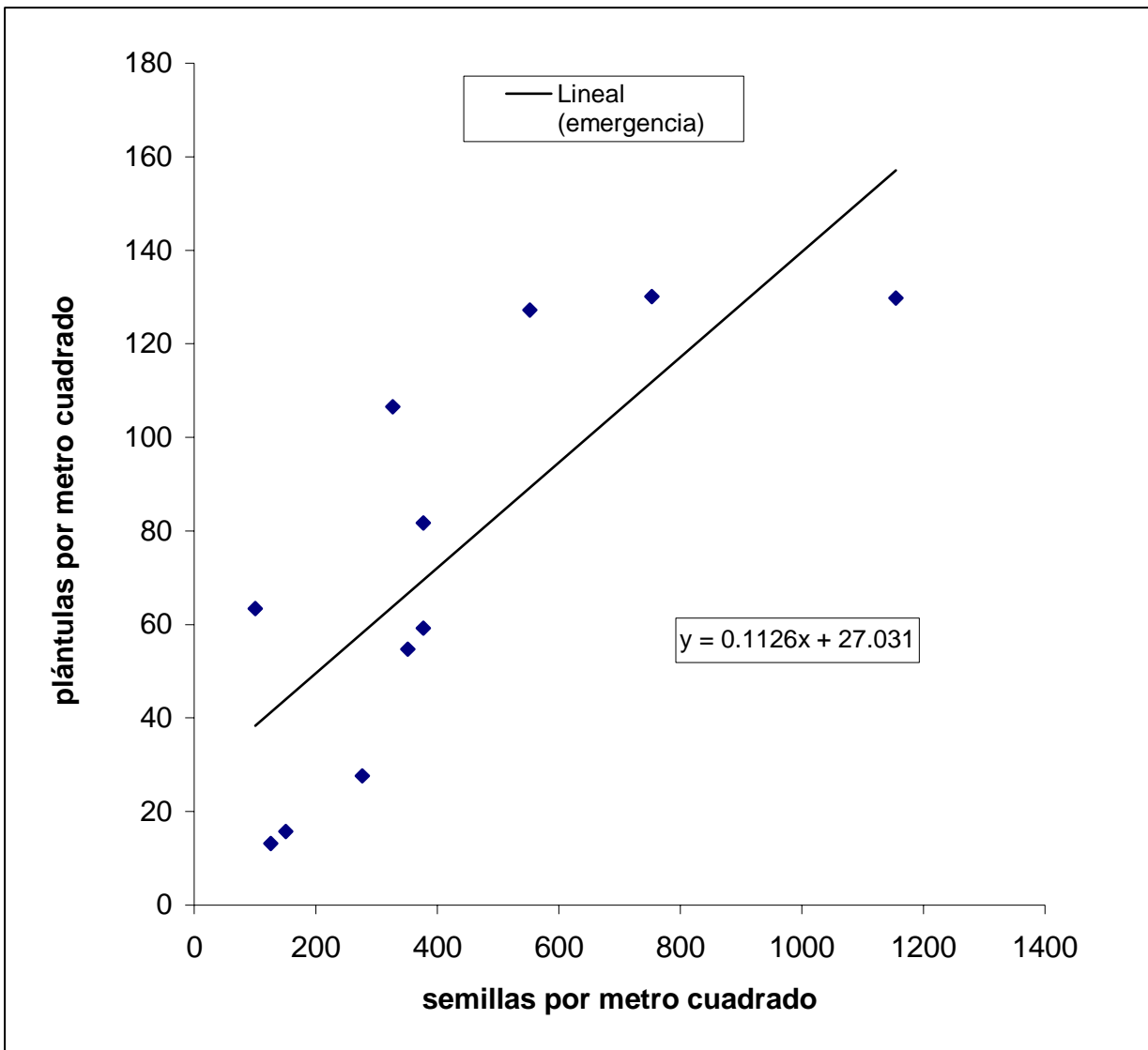


Figura 7. Diagrama de dispersión de la abundancia de semillas en el suelo y plántulas emergidas de *P. miliaceum*, línea de ajuste y ecuación de regresión .

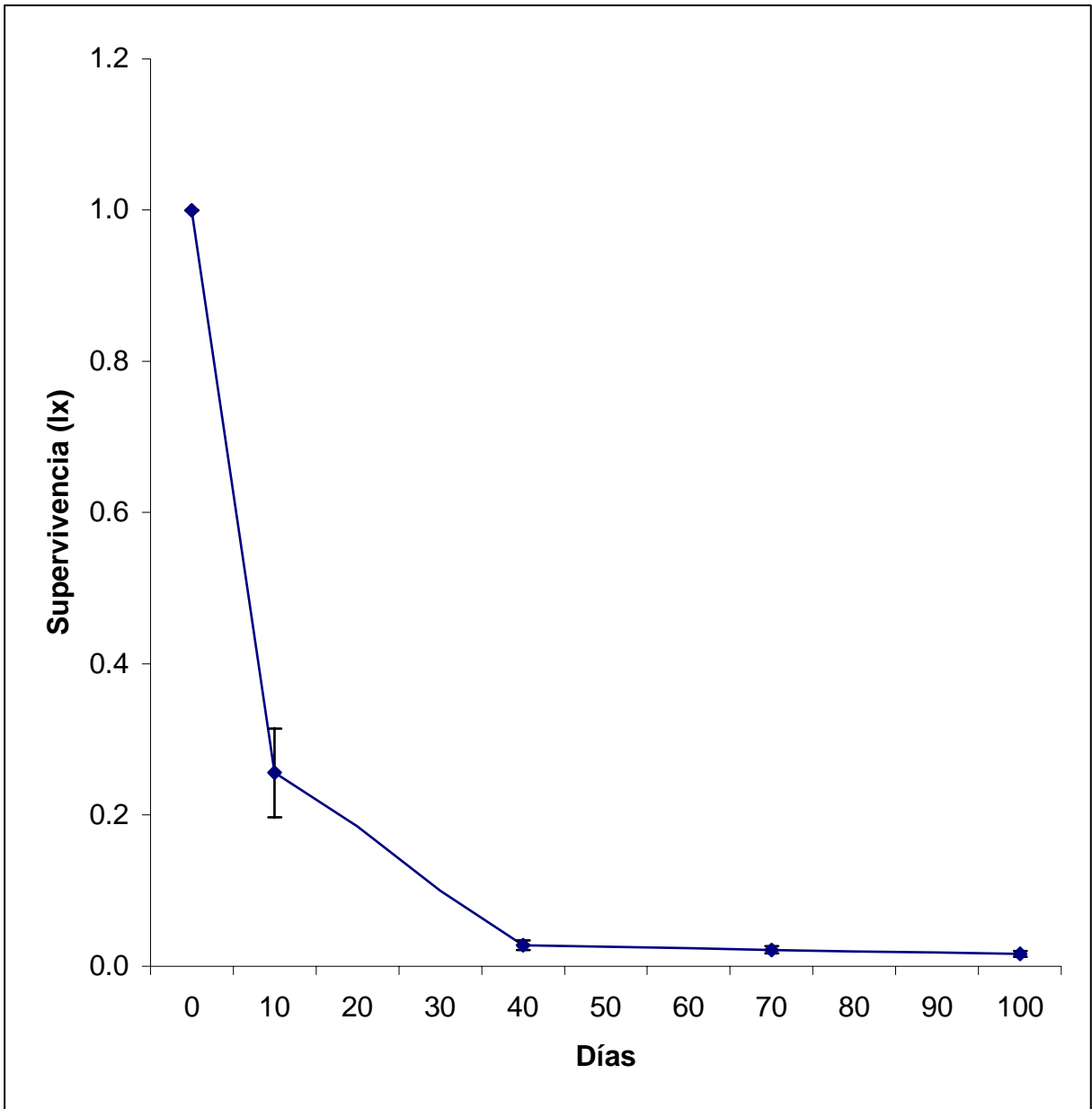


Figura 8. Curva de supervivencia (\pm e. e.) de *P. miliaceum* en un cultivo de sorgo.

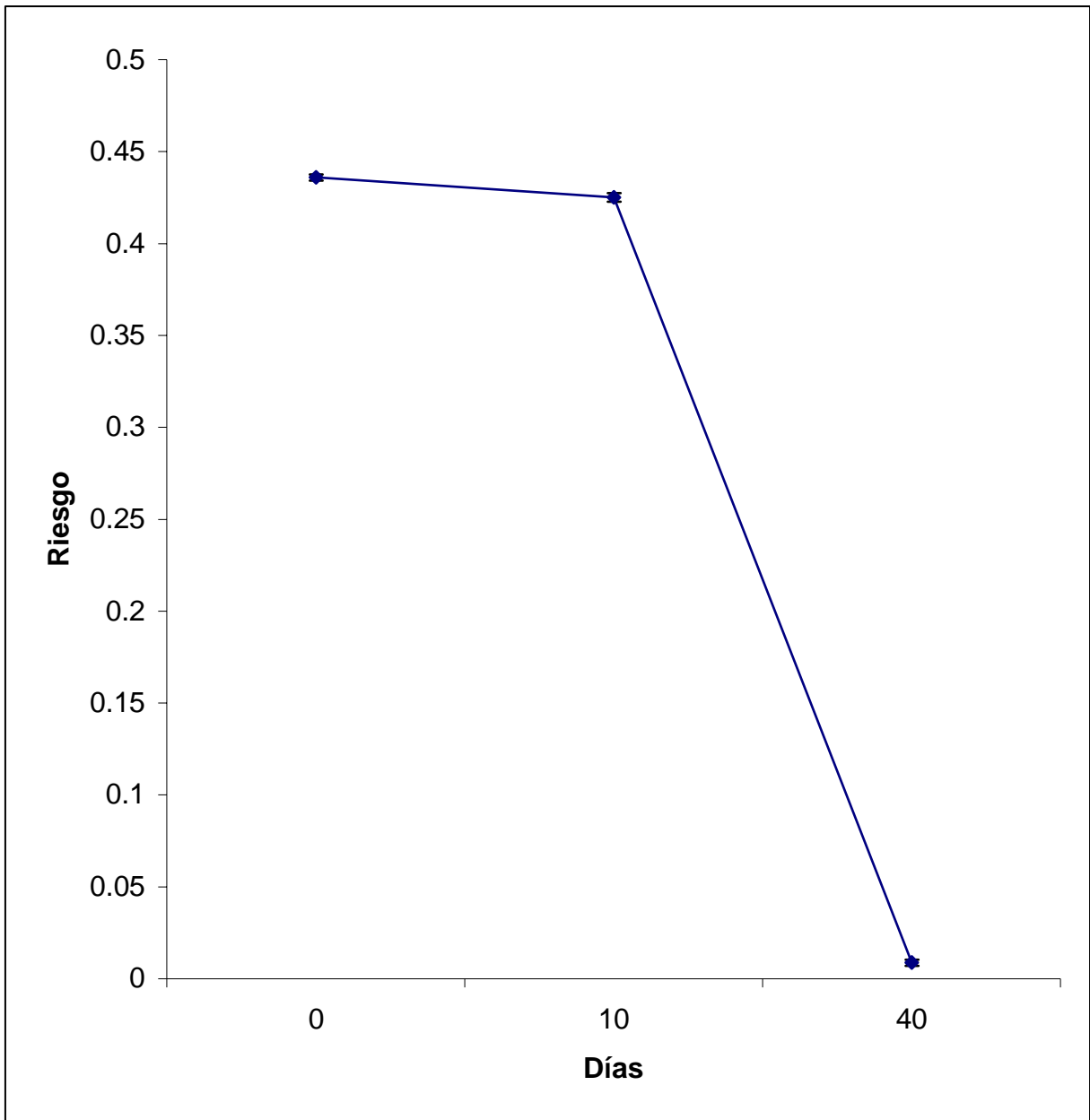


Figura 9. Riesgo de morir (\pm e. e.) de *P. miliaceum* en diferentes etapas.

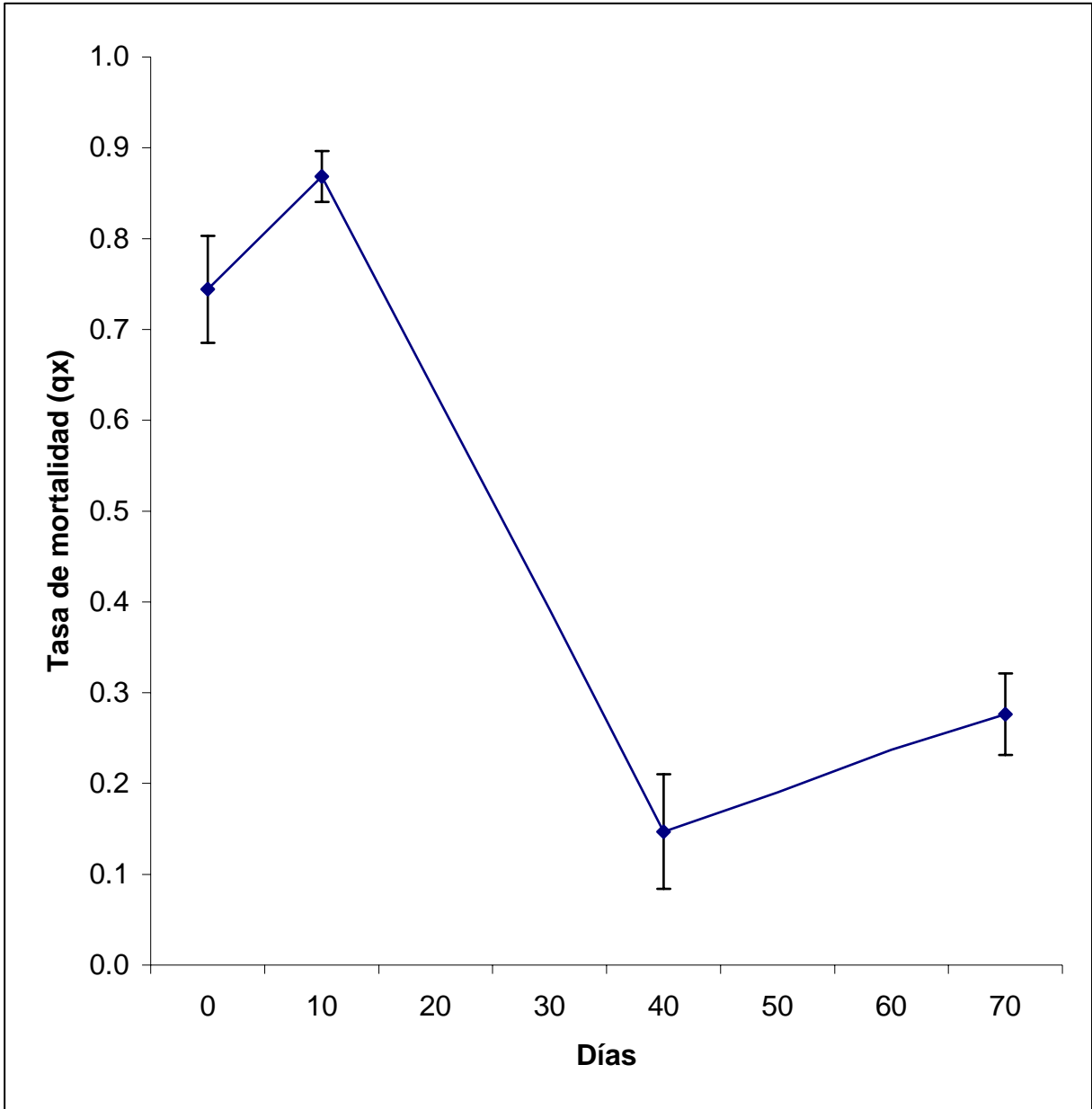


Figura 10. Tasa de mortalidad \pm e. e. de *P. miliaceum* en diferentes etapas.

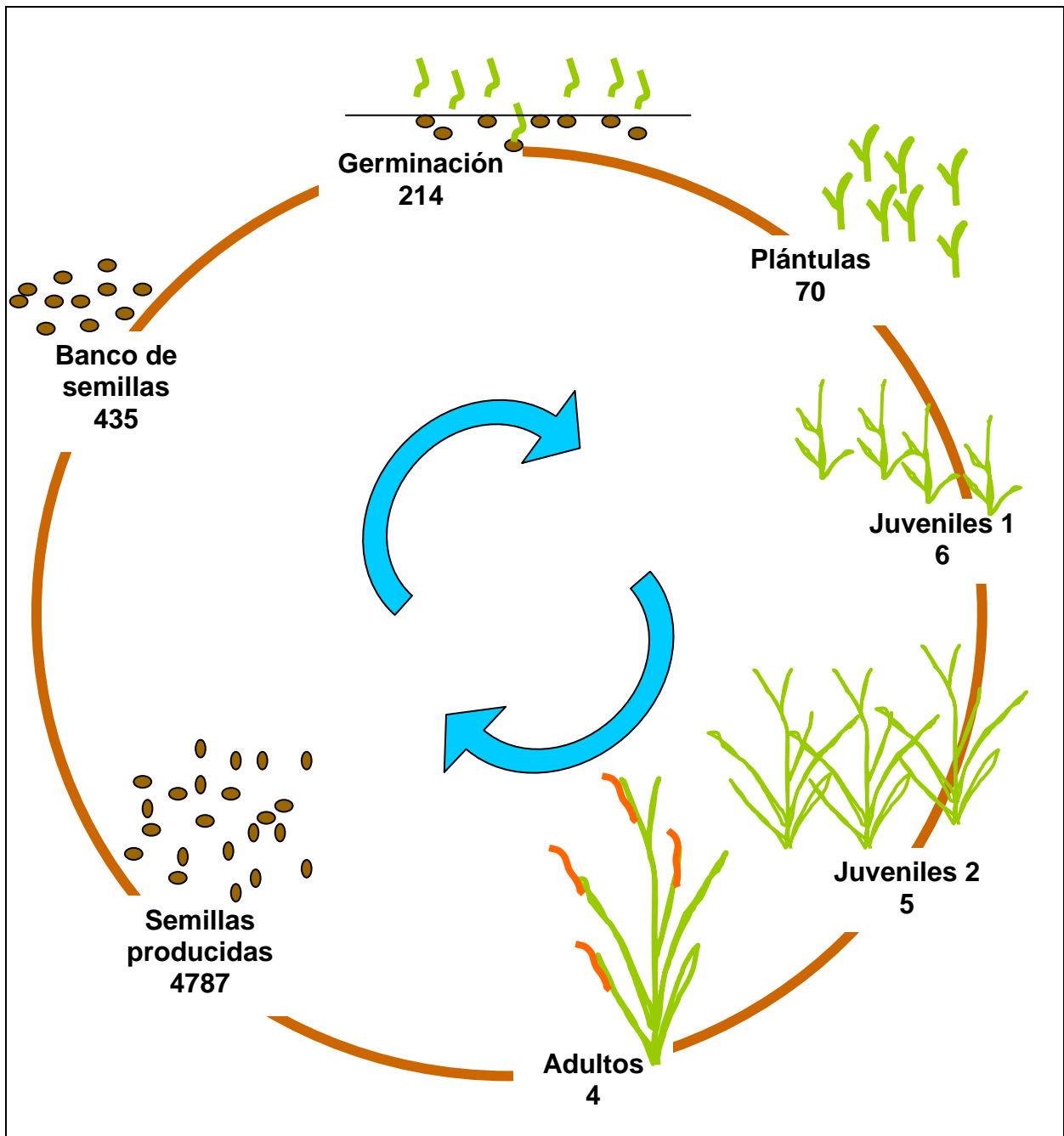


Figura 11. Densidad de *Panicum miliaceum* en cada etapa (individuos m⁻²).

Cuadro 1. Coeficientes del modelo de regresión de máxima verosimilitud para los tiempos de supervivencia. Se incluyen covariables cuantitativas y cualitativas; estas últimas presentan diferentes niveles.

Variable	g.l.	Coeficientes de Regresión (β) \pm e. e.	Ji cuadrada	Pr>Chi
Intercepto	1	1.2079 \pm 0.0174	4846.633	0.0001
Densidad de plántulas	1	0.0015 \pm 0.0003	33.7657	0.0001
Altura	1	0.0053 \pm 0.0004	208.4266	0.0001
Número de tallos	1	0.0012 \pm 0.0044	0.0705	0.7905
Diámetro del cuello	1	-0.0379 \pm 0.0189	4.0207	0.0449
Densidad antes de morir	1	-0.0031 \pm 0.0002	154.7907	0.0001
Posición en el surco	2		8.4306	0.0148
Lomo del surco	1	0.0026 \pm 0.0176	0.02143	0.8836
Costilla del surco	1	0.0383 \pm 0.0148	6.6732	0.009
Fondo del surco	0	0	--	--

e.e: error estándar

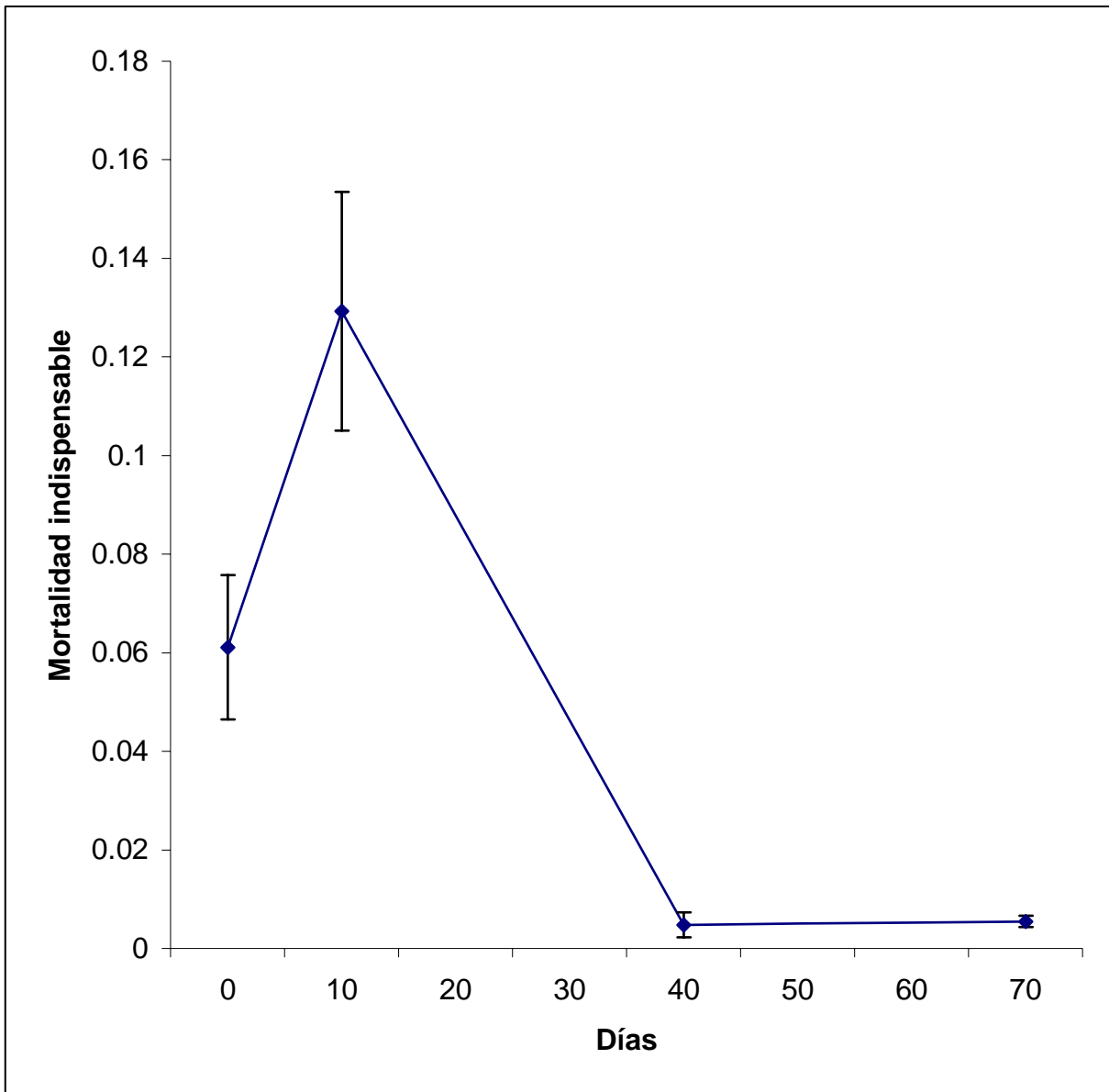


Figura 12. Mortalidad indispensable \pm e. e. de *P. miliaceum* en un cultivo de sorgo.

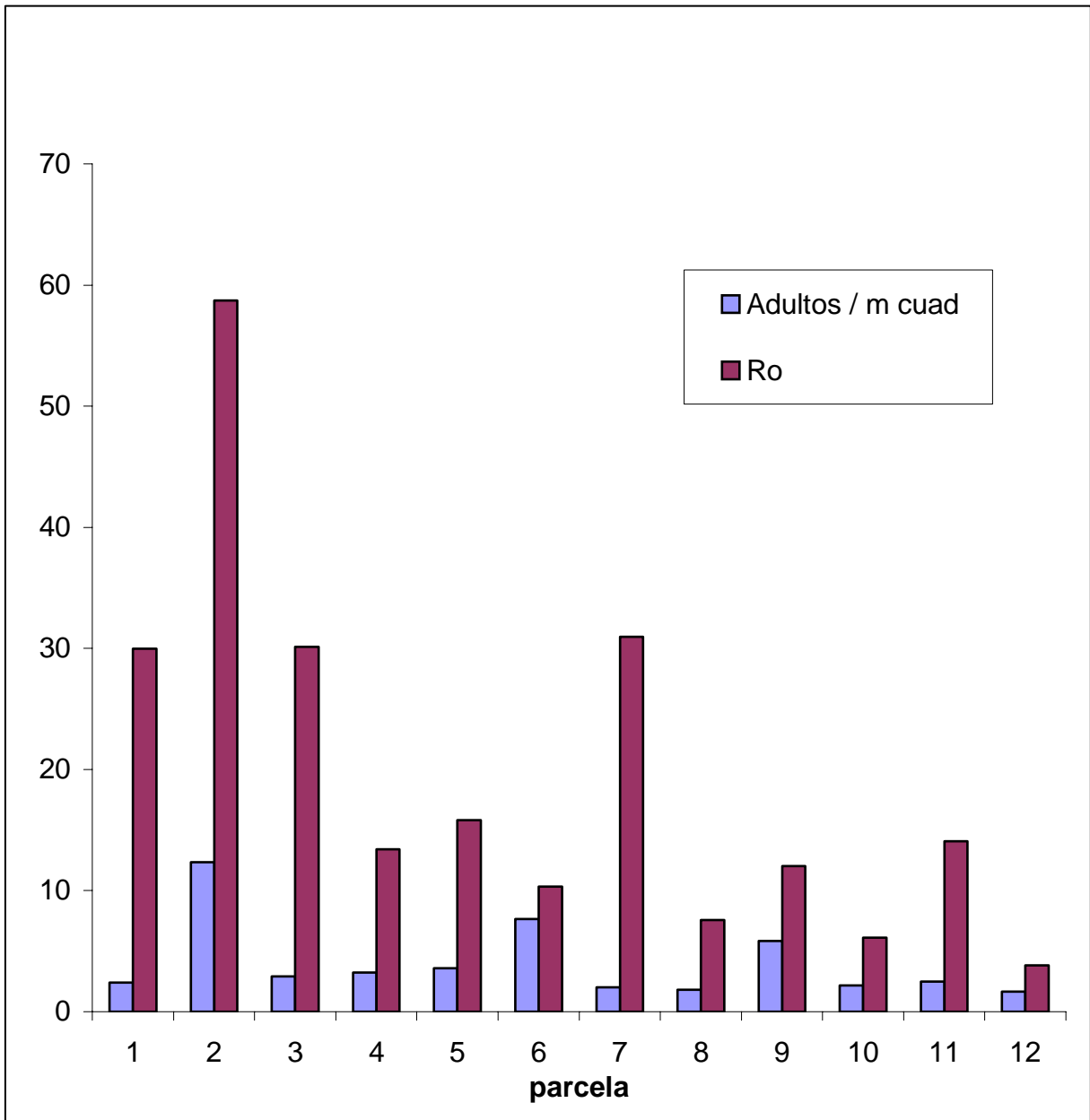


Figura 13. Adultos por metro cuadrado y tasa de incremento generacional (Ro) de *P. miliaceum* en un cultivo de sorgo.

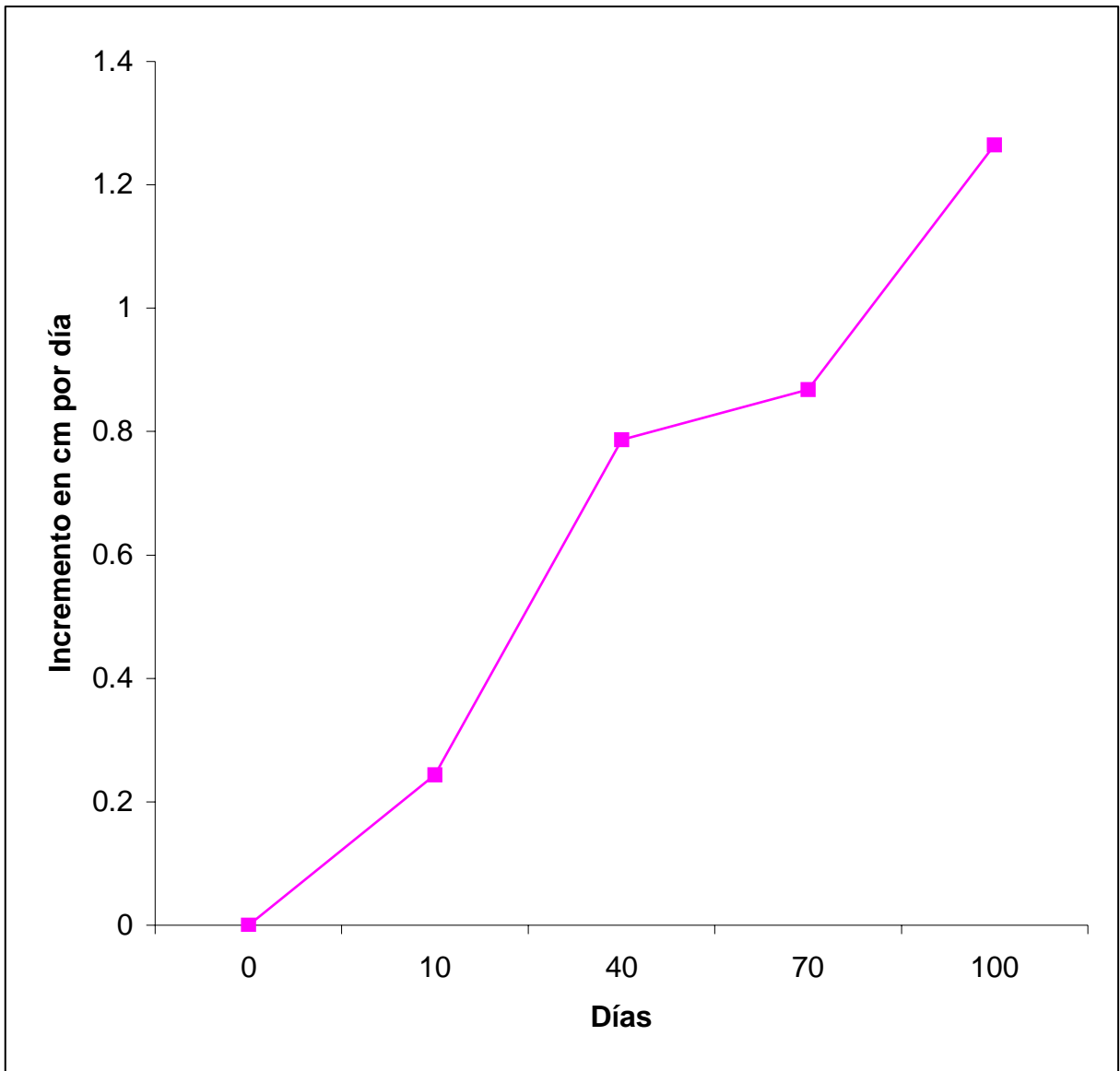


Figura 14. Incremento absoluto en altura promedio en cm día^{-1} de *P. miliaceum* en un cultivo de sorgo.

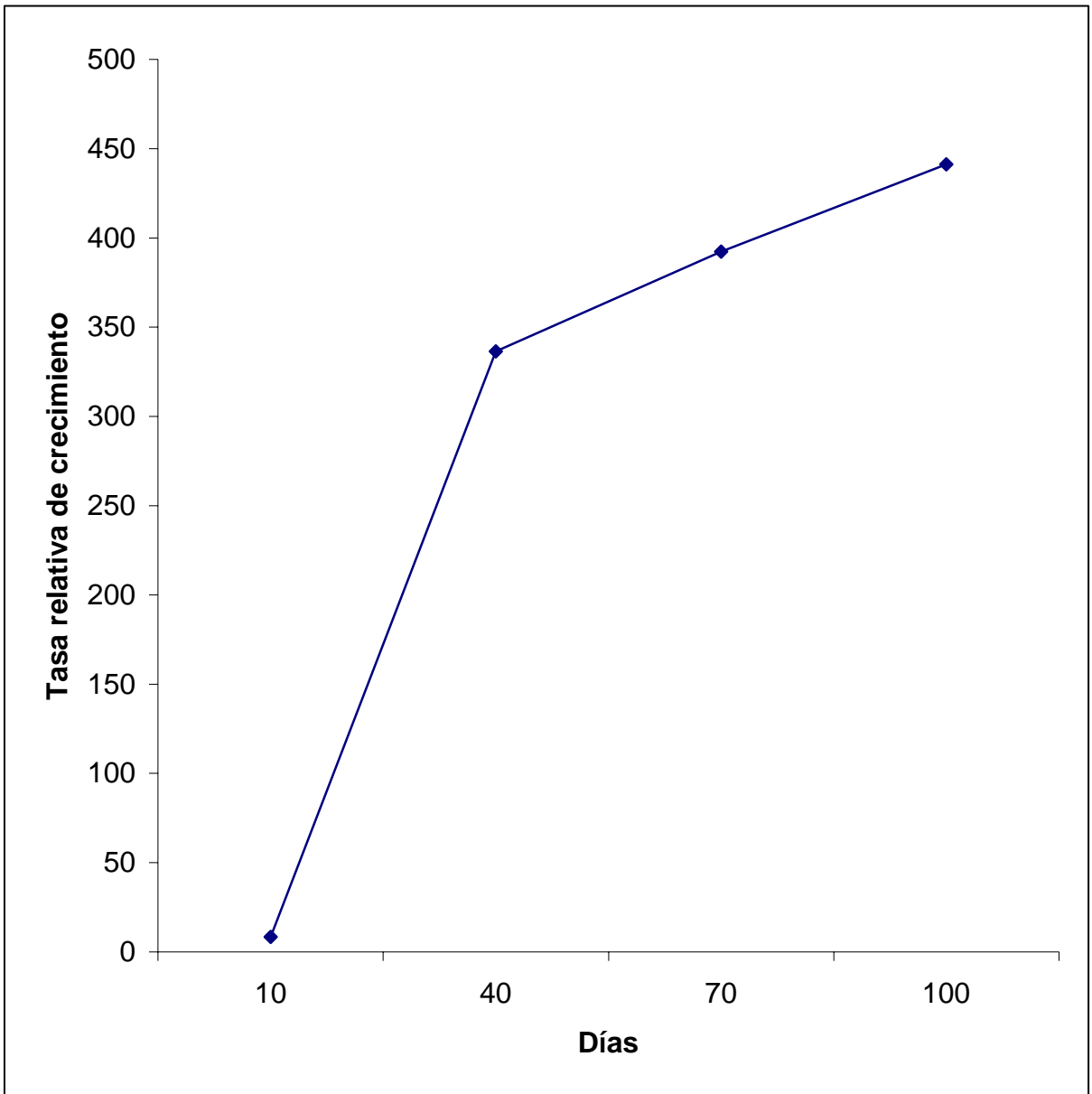


Figura 15. Tasa relativa de crecimiento de *P. miliaceum* en un cultivo de sorgo.

Cuadro 2. Altura, número de tallos y diámetro del cuello promedios a diferentes tiempos.

Días después de la germinación	Altura en cm ± d. e.	Número de tallos ± d. e.	Diámetro del cuello en cm ± d. e.
8	1,95±0,23	1±0,29	
43	29,49±4,74	5,1±1,12	0,97±0,21
71	56,40±12,00	4,5±1,21	0,86±0,26
101	94,33±22,49	5,4±1,66	0,95±0,36

± d. e. desviación estándar

5. DISCUSIÓN

Este reporte sobre la presencia de *Panicum miliaceum* en la región de Puruándiro es importante porque es un nuevo registro de su distribución en México. Anteriormente sólo se había reportado en campos de cultivo en el municipio de Texcoco, Estado de México (Herrera, 2001), y en el estado de Jalisco en cultivos de sorgo y maíz (Villaseñor y Espinosa, 1998). No había sido consignada como una maleza importante que causara problemas serios en los cultivos. Dentro de la región de Puruándiro no se ha hecho la evaluación de la superficie infestada; por lo que este debe ser el paso siguiente en el conocimiento de la especie en esta área de distribución. La invasión de regiones al sur, contrasta con lo reportado por Paterson *et al.* (1986), quien señala que *P. miliaceum* sólo es una maleza importante en las zonas de Estados Unidos y Canadá que ahora ocupa, ya que en zonas más cálidas su habilidad competitiva disminuye.

En general, el ciclo de vida que presenta *P. miliaceum* en Puruándiro Michoacán es similar al que ocurre en otras áreas donde es una maleza común. Sólo existen algunas particularidades como consecuencia de las diferencias en clima. La maduración en el área de estudio ocurre a partir del mes de septiembre, mientras en Estados Unidos ocurre en el mes de agosto (Doersch, 1979). Esto se debe a la disponibilidad de agua y a que germina en una época más temprana. Respecto a la altura encontrada no hay diferencia con la que indica la literatura, sin embargo, sí las hay en el tiempo en el cual se alcanza dicha altura (1.6 m), se encontró que la altura

máxima es alcanzada a los 100 días, mientras que Eberline *et al.* (1990) señala que la alcanza a los 56 días, esto indica que el crecimiento es más acelerado en otras regiones, sin embargo, el lento crecimiento que presenta en la región de Puruándiro no disminuye la altura que puede alcanzar. No sucede lo mismo con la producción de semillas, la cual, de hecho es muy variable. Se ha encontrado que una planta puede producir hasta 94 000 semillas (Eberlain *et al.*, 1990), y en cultivo de maíz puede producir entre 420 a 620 semillas planta⁻¹ (Wilson y Westra, 1991). Esto significa que, en promedio, una planta de *P. miliaceum* en sorgo produce el doble de semillas que en maíz (1193 semillas planta⁻¹), pero casi la mitad que en frijol (1478 y 2142 semillas planta⁻¹) (Wilson, 1993a).

La cantidad de semillas presentes en el suelo, a 10 cm de profundidad no se distribuye homogéneamente en todo el terreno. Tal como se ha encontrado en otros trabajos sobre reservas de semillas (Cavers *et al.*, 1992; Forcela *et al.*, 1992) la abundancia de semillas se comporta aleatoriamente, sin embargo, sí se puede establecer una relación entre las semillas que se encuentran en el suelo y las plántulas emergidas. La intensidad de la emergencia de plántulas es directamente proporcional a la densidad de semillas en el suelo. Lo anterior es importante por dos motivos: a). Se puede estimar la abundancia de plántulas en un determinado ciclo, conociendo la abundancia de semillas y usando la ecuación del modelo de regresión. b). Esta distribución heterogénea indica que existen áreas de mayor infestación que otras, las cuales se pueden identificar y delimitar claramente con el fin de realizar

controles más específicos y localizados, en donde con un menor esfuerzo se adquirieran mayores beneficios en términos de control de arvenses.

La persistencia de las arvenses y la dificultad para su control efectivo se debe en gran medida a la reserva de semillas que está en el suelo (Ross y Lembi, 1999; Mohler, 2001). Al igual que en otros trabajos, se encontró que *P. miliaceum* presenta latencia; que es una característica principal de los biotipos maleza de esta especie. Se ha encontrado que entre el 13 y el 49% de las semillas de los ocho diferentes biotipos de *P. miliaceum* tienen latencia (Shenk *et al.*, 1990; Eberlein *et al.*, 1990). La latencia le permite persistir a través de los años en el banco de semillas, ya que sólo un porcentaje de las semillas producidas en un año germinan para el siguiente, y el resto permanece en el suelo, expuesto a los factores bióticos y abióticos. El porcentaje de latencia que se encontró fue muy alto comparado con el reportado por otros investigadores, ya que los porcentajes de letargo se encuentran entre 13 y 49%, dependiendo del biotipo que se trate (Shenk *et al.*, 1990; Eberlein *et al.*, 1990), mientras que en este caso alrededor del 98% de semillas no germinaron a los seis meses de haber sido cosechadas maduras.

La presencia de *Panicum miliaceum* al inicio del ciclo de cultivo es importante para el productor dada su alta capacidad competitiva. Además, cabe recordar que esta especie es sólo una del conjunto de malezas que compiten con el cultivo y que la competencia en la primeras semanas es la más importante para la reducción del rendimiento. Por esta razón, la aplicación de una mezcla de herbicidas, donde se usa

Paraquat, es exitosa, desde el punto de vista del productor, en el sentido de que acaba con la mayor cantidad de arvenses.

La aplicación del herbicida reduce a tal grado la densidad de malezas que para el productor ya no revisten importancia las plantas que sobreviven, dado que no efectos significativos en términos de competencia con el cultivo. Sin embargo, estas plantas que logran sobrevivir hasta adultos, son claves para la reproducción y la persistencia de la especie año con año. Dado que logran producir una cantidad alta de semillas que restituyen a las plantas muertas durante el ciclo y proveen hasta 19 veces más semillas a la reserva.

La curva de supervivencia que describe *P. miliaceum* indica su vulnerabilidad en la etapa de plántula. Como lo encontrado por otros autores, la mortalidad más alta ocurre en esta etapa (Ballaré *et al*, 1987). La mortalidad que se presenta entre el día cero y el día diez se debe únicamente a factores naturales, ya que en ese lapso de tiempo no se realizó ninguna práctica al cultivo. Es necesario comentar, sin embargo, que la abundancia de semillas viables está sobreestimada porque se calculó tomando como referencia el porcentaje de germinación máximo que se presentó en el laboratorio. La curva de supervivencia inicia con la abundancia máxima posible de semillas. A los diez días de que el suelo se humedeció queda poco más de la cuarta parte de la abundancia inicial y ésta se reduce 36 veces después de que se aplica el herbicida. En términos cuantitativos, esta reducción en la densidad de malezas significa mejorar la producción del cultivo, porque se ha encontrado que diez plantas

m² reducen de 12 a 31% el rendimiento en frijol (Wilson, 1993) y de 13 a 22% en maíz (Wilson y Westra, 1991). Además, si el control de *P. miliaceum* ocurre entre la cuarta y la quinta semana de interferencia con el cultivo, se puede evitar la disminución del rendimiento.

Al mismo tiempo que la supervivencia se estabiliza alrededor de un valor de 0.028, a los 40 días (Figura 8) el riesgo de morir desciende considerablemente a un valor cercano a cero y no vuelve a aumentar (Figura 9), por lo que la tasa de mortalidad se encuentra en su punto más bajo. A partir de este momento no se realizaron otras prácticas al cultivo por la cantidad de lluvia que se presentó y la población continuó estable hasta la etapa adulta.

De acuerdo con el modelo de regresión (Cuadro 1) la densidad de plántulas, la altura de la planta, la densidad en cada censo y la posición en el surco son variables que tiene efectos significativos sobre el tiempo de supervivencia de *P. miliaceum*. Las dos primeras tiene un efecto positivo, lo que significa que a mayor densidad de plántulas y a mayor altura, el tiempo de supervivencia aumenta; esto se puede explicar por el hecho de que en las parcelas con mayor densidad el efecto del herbicida es menor porque las plantas se cubren unas a otras. En la mezcla de herbicidas aplicados (atrazina, terbutrina, 2,4 D amina y paraquat) el control lo produjo el Paraquat, el cual es un herbicida de contacto, así que las plantas que no fueron cubiertas totalmente o en un mayor porcentaje por el herbicida no murieron. De igual forma, la altura es un factor de ventaja para las plantas supervivientes y a medida que crecen más, mayor

es su esperanza de vida. El efecto de la densidad antes de morir resulta contradictorio, porque se interpreta que una mayor densidad en las parcelas reduce el tiempo de supervivencia, lo cual es opuesto a lo que acabamos de explicar, así que solo con estudios más profundos se podrá encontrar alguna respuesta satisfactoria a este comportamiento. La posición dentro del surco es una variable que tiene relación con el tiempo de supervivencia y, de acuerdo con los datos de campo, las plantas que se encuentran dentro de la línea del cultivo tienden a vivir más tiempo porque se encuentran protegidas por el sorgo.

Los herbicidas usados en la mezcla implican que la aplicación se haga dirigida y la principal consecuencia de este hecho es la mayor supervivencia de *P. miliaceum* dentro de la línea del cultivo, donde el herbicida no llega. Sin embargo, esta aplicación, como medida de control, logra disminuir la población y reduce la competencia con el cultivo, pero no tiene efecto relevante a largo plazo. Pues a pesar de su uso, la población se incrementa de un año a otro. Las pocas plantas que logran sobrevivir hasta adultos son suficientes para recuperar la población, incrementando el banco de semillas, debido a su alta fecundidad.

La dinámica de crecimiento puede estar influida por la aplicación del herbicida debido a que se aprecia una disminución en el incremento absoluto en altura después del día 40 (Figura 14), y se acelera nuevamente después del día 70, lo cual coincide con una reducción en el número de tallos y el diámetro del cuello (Cuadro 2) esto debido quizá a una demanda de energía de la planta para seguir creciendo.

6. CONCLUSIONES

La capacidad reproductiva de *Panicum miliaceum* es tan alta que con una baja densidad de adultos es suficiente para recuperar, e incluso incrementar la población para el siguiente ciclo.

El método de control (aplicación de mezclas de herbicidas) solamente esta reduciendo la abundancia de *P. miliaceum* al grado que minimiza la competencia con el cultivo, pero no está reduciendo la población a largo plazo, por lo que el problema continuará año con año si se sigue bajo el mismo esquema de manejo.

Se debe poner mayor atención a los supervivientes adultos, dado que éstos son los responsables del incremento poblacional, y se debe buscar otro esquema de control que ponga atención a éstos.

Por otra parte, el estudio ecológico de las malezas debe ser la base del manejo de las mismas, porque de lo contrario se cae en errores técnicos como la aplicación de mezclas de herbicidas de forma inadecuada y se desdeñan otros posibles métodos de control.

7. RECOMENDACIONES

Es necesario continuar con el seguimiento de la población de *P. miliaceum*, en particular su crecimiento, distribución y migración debido a que es una especie nueva en la región sobre la cual no hay antecedentes técnicos ni conocimiento del campesino.

Metodológicamente es más apropiado realizar este tipo de estudios en un ciclo completo, el cual debe comenzar y terminar en la fase de ciclo. Además de plantear hipótesis sobre la efectividad de posibles métodos de control y probarlos en campo a través de distintos tratamientos.

En cuanto a las actividades enfocadas al control de malezas es necesario realizar algunas modificaciones tales como:

- No usar mezclas de herbicidas que no están evaluadas por personal capacitado, o para las cuales no haya una recomendación explícita del fabricante.
- Probar el uso de herbicidas preemergentes los cuales han sido probados y presentan buenos resultados.
- En lo posible, no aplicar herbicidas no selectivos, pues su aplicación dirigida no actúa sobre la línea del cultivo, que es donde *P. miliaceum* sobrevive con mayor éxito.

- Mejorar las prácticas mecánicas, con el afán de aumentar su potencial de control de arvenses.
- Llevar un buen calendario de las labores de cultivo y los meteoros para decidir la mejor acción enfocada al control de arvenses.
- Probar otras opciones de control de arvenses tales como los acolchados, las rotaciones de cultivos, el incremento de la densidad de cultivo.
- Ubicar las áreas de mayor infestación de *P. miliaceum* para darles mayor atención y, de ser posible, usar métodos manuales localizados para reducir la abundancia de adultos.

8. LITERATURA CITADA

- ALDRICH, R. T. 1984. *Weed-crop ecology, principles in weed management*. Ed. Breton Publishers. Massachussets. 465 p.
- ALTIERI, M. A. 1990. *Agroecología: las bases científicas para la agricultura alternativa*. Ed. CLADES. Chile. 281 p.
- ALLISON, P. A. 1995. *Survival analysis using the SAS ® System: A practical guide*, Cary, N.C: SAS Institute Inc., 292 p.
- ANDERSON, R. L. 2000. Ecology and interference of proso millet (*Panicum miliaceum*) in semiarid corn. *Weed technology*. 14(1):45-50.
- BALLARÉ, C. L.; A. N. SCOPEL; G. M. GHERSA; R. A. SÁNCHEZ. 1987. The demography of *Datura feroz* L. in soybean crops. *Weed reseach*. 27:91-102.
- BENOIT, D. L.; D. A. DERKSEN; D. PANNETON. 1992. Innovative approaches to seedbank studies. *Weed Science*. 40 (4):660-669.
- CARPENTER, J. L. ; H. J. HOPEN. 1985. A comparison of the biology of wild and cultivated proso millet (*Panicum miliaceum*). *Weed Science*. 33(6):795-799.

CAVERS, P. B. ; M. KANE. 1990. Responses of Proso millet (*Panicum miliaceum*) seedlings to mechanical damage and/or drought treatments. Weed technology. 4(2):425-432.

CAVERS, P. B.; M. KANE ; J. J. O'TOOLE. 1992. Importance of seedbanks for establishment of newly introduced weed; A case studio of proso millet (*Panicum miliaceum*). Weed Science. 40 (4):630-635.

DOERSCH, R. G. 1979. Wild proso millet. Weeds today. 10(1):28.

EBERLEIN, C. V. ; E. L. LURVEY ;T. L. MILLER ; J. L. MICHAEL. 1990. Growth and development of wild-proso millet (*Panicum miliaceum*) biotypes. Weed research. 4(2):415-419.

FAWCETT, J. A. ; R. G. HARVEY. 1988. Proso millet (*Panicum miliaceum*) control in corn (*Zea mays*) with postemergence directed herbicides. Weed science. 36(2):215-220.

FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; M. SAAVEDRA; L. GARCÍA T. 1991. Ecología de las malas hierbas. In: GARCÍA TORRES., L; C. FERNÁNDEZ-QUINTANILLA. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ed. Mundiprensa. Madrid. 348 p.

FORCELLA, F.; R. G. WILSON; K. A. RENNER; J. DEKKER; R. G. HARVEY; D. A. ALM; D. D. BUHLER; J. CARDINA. 1992. Weed seedbanks of the U. S. Corn Belt: Magnitude, variation, emergence and application. *Weed Science*. 40 (4):636-644.

GARCÍA-BOUDIAN, J. M.; M. A. MENDIOLA. 1998 El control de las malas hierbas. In: JIMÉNEZ D, L.; J. LAMO DE ESPINOZA (Eds). *Agricultura sostenible*. Ed. Mundiprensa. Madrid. 616 p.

GLIESSMAN, S. R. 2000. *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Ed. Lewis Publishers Inc. Estados Unidos. 348 p.

HÄFLIGER, E.; H. SCHOLZ. 1980. *Panicoid grass weeds*. Ed. CIBA-GEIGY. Switzerland. 323 p.

HARVEY, R. G. 1979. Wild proso millet, a serious new weed threat. *Crops and soils magazine*. 10(4):10:13.

HARVEY, R. G.; G. R. MCNEVIN; J.W. ALBRIGHT; M. E. KOZAK. 1986. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) control with thiocarbamate herbicides on previously treated soils. *Weed science*. 34(5):773-780.

HARVEY, R. G.; G. R. MCNEVIN. 1990. Combining cultural practices and herbicides to control wild proso millet (*Panicum miliaceum*). *Weed technology*. 4(2):433-439.

HARVEY, R. G.; D. J. PORTER. 1990. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) control in soybeans (*Glycine max*) with postemergence herbicides. *Weed technology*. 4(2):420-424.

HERRERA, Y. 2001. *Gramínae*. In: Calderon, G.; J. Rzedowski. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología A.C. Conabio. México. 1406 p.

HESS, F. D. 1994. Research needs in weed science. *Weed technology*. 8(3):408-409

HITCHCOCK, A. S. 1950. *Manual of the grasses of The United States*. Department of Agriculture. Second edition. USA. 1051 p.

HUNT, R. 1990. *Basic growth analysis, plant growth analysis for beginners*. Ed. Unwin Hyman, London England. 110 p.

INEGI. 1985. *Síntesis geográfica de Michoacán*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. 147 p.

INEGI. 1998. Anuario estadístico municipal del municipio de Puruándiro, Michoacán. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. 125 p.

KLEPPE, G.D.; P. G. HARVEY. 1991a. Postemergence directed sprayers for wild proso millet (*Panicum miliaceum*) control. *Weed technology*. 5(1):185-193.

KLEPPE, G.D.; P. G. HARVEY. 1991b. Postemergence directed herbicides to control wild proso millet (*Panicum miliaceum*) in sweet corn (*Zea mays*). *Weed technology*. 5(4):746-752.

LIEBMAN, M.; E. GALLANDT. 1997. Many little hammers: ecological management of crop-weed interactions. In: JACKSON, L. *Ecology in agriculture*. Academic Press. San Diego. 474 p.

McCANNY, S. J.; P. B. CAVERS. 1988a. Spread of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in Ontario Canada; I rate of spread and crop susceptibility. *Weed research*. 28(1):59-65.

McCANNY, S. J.; P. B. CAVERS. 1988b. Spread of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in Ontario Canada; II Dispersal by combines. *Weed research*. 28(1):67-72.

- McNEVIN, G. R.; R. G. HARVEY. 1982. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) control in processing peas (*Pisum sativum*) y soybeans (*Glycine max*). Weed science. 30 (4):365-368.
- MEKKIN, M.; G. D. LEROUX. 1994. Activity of nicosulfuron, rimsulfuron and their mixture on field corn (*Zea mayz*), Soybean (*Glycine max*) y seven weed species. Weed Technology. 8(3):436-440.
- MOHLER, C, L. 2001. Weed life history : identifying vulnerabilities. In: LIEBMAN, M.; C. L. MOHLER; C. P. STAVER. Ecological management of agricultural weeds. Ed. Cambridge University Press. U.K. 500 p.
- O`TOOLE, J. J.; P. V. CAVERS. 1983. Input to seed banks of proso millet (*Panicum miliaceum*). Canadian journal of plant science. 63:1023-1030.
- PATERSON, D. T.; A. E. RUSELL; D. A. MORTENSEN, R.D. COFFIN, E. P. FLINT. 1986. Effects of temperature and photoperiod on texas panicum (*Panicum texanum*) and wild proso millet (*Panicum miliaceum*). Weed science. 34(6):876-882.
- RADOSEVICH, S.; J. HOLD; C. GHERSA. 1997. Weed ecology, implications for management. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Second edition. U. S. A. 608 p.

RICKLEFS, R. E; G. L., MILLER. 1999. Ecology. Ed. W. H. Freeman and Company. USA. 822 p.

ROBINSON, R. G. 1973. Proso millet date of planting and tolerance to atrazine. Weed Science. 21(2):260-263.

ROBINSON, R. G. 1985. Tillage for control of volunteer proso millet and for production of sorghum. Agronomy journal. 77 (2):288-291.

ROSS, M. A.; C. A. LEMBI. 1999. Applied weed science. Ed Prentice Hall. New Jersey. 452 p.

SAGAR, G. R.; A. M. MORTIMER. 1976. An approach to the study of the population dynamics of plants with special reference to weeds. Applied Biology. 1: 1-47.

SAS INSTITUTE INC. 1989. SAS/STAT* User Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc. 846 p.

SHENK, D. M.; W. S. BRAUNWORT; R. J. FERNÁNDEZ; D. W. CURTIS; D. MCGRATT; R. D. WILLIAM. 1990. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) control in sweet corn (*Zea mays*). Weed technology. 4(2):440-445.

SMITH, R. L., T. M. SMITH. 2001. Ecología. Cuarta edición. Ed. Addison Wesley.
Madrid. 642 p.

SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. Ecological methods with particular reference to the
study of insect populations. Second edition. Ed. Chapman and Hall. London.
524 p.

SWANTON, C.J.; K. CHANDLER. 1990. Control of wild proso millet (*Panicum
miliaceum*) with imazetapyr. Weed technology. 4(2):446:450.

VILLASEÑOR R., J. L.; F. J. ESPINOSA G.; 1998. Catalogo de malezas de México.
Eds. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura
Económica. México D.F. 448 p.

WALTERS, C. 1996. Weeds control without poisons. Ed. Acres USA Publishers.
Estados Unidos. 352 p.

WESTRA, P.; R. G. WILSON; R. L. ZIMDAHL. 1990. Wild proso millet (*Panicum
miliaceum*) control in central great plains irrigated corn (*Zea mays*). Weed
technology. 4(2):409-414.

WILLIAMS, B. J.; R. G. HARVEY. 2000. Effect of nicosulfuron timing on wild-proso millet (*Panicum miliaceum*) control in sweet corn (*Zea mays*). Weed technology. 14(2):377-382.

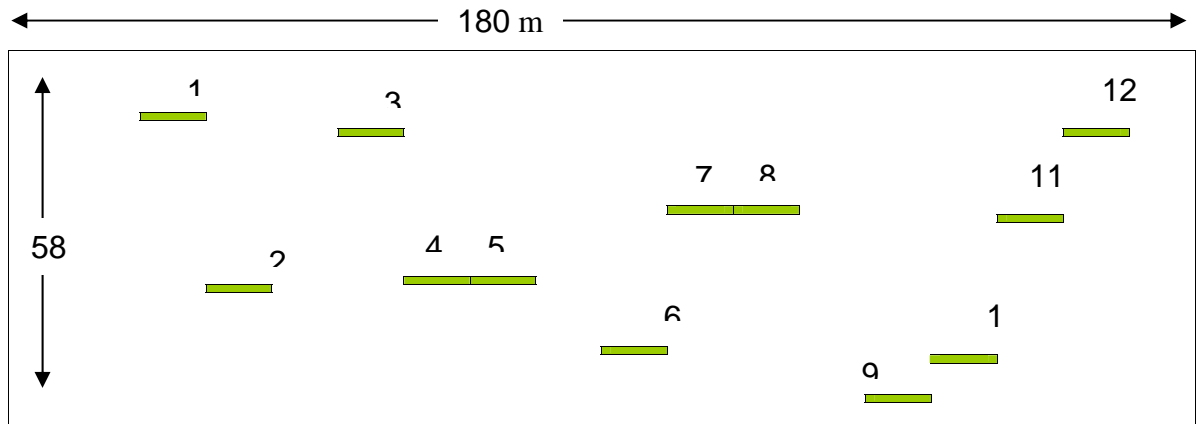
WILSON, R. G.; P. WESTRA. 1991. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in corn (*Zea mays*). Weed science. 39(2):217-220.

WILSON, R. G. 1993a. Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). Weed science. 41(4):607-610.

WILSON, R. G. 1993b. Effect of preplant tillage, post-plant cultivation, and herbicides on weed density in corn (*Zea mayz*). Weed technology. 7(3):728-73.

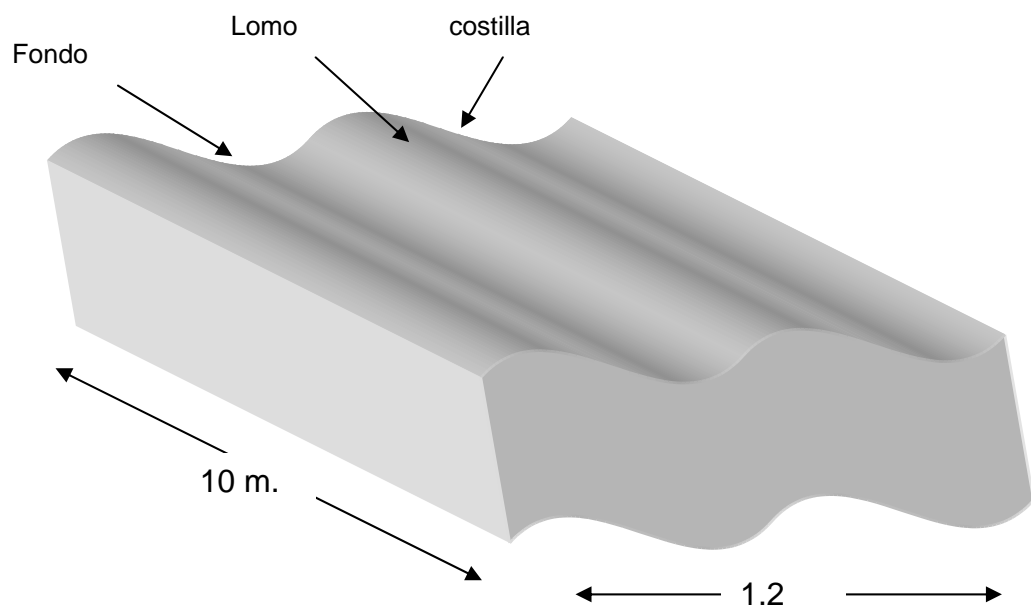
9. ANEXOS

9.1 Croquis de localización de las parcelas permanentes de observación



9.2 Ubicación de las plantas marcadas dentro de cada parcela de observación

Se marcaron doce plantas en cada sección: lomo, costilla y fondo, tal como se muestra en la figura.



9.3 Tablas de vida de cada parcela

Parcela 1

Días	Etapas	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	125,60						
	semillas							
0	disponibles	61,78	1,000	0,787	0,787	0,67		
8	Plántulas	13,17	0,213	0,134	0,628	0,43		
43	Establecidas	4,90	0,079	0,035	0,439	0,25		
71	jóvenes	2,75	0,045	0,005	0,120	0,06		
101	adultos	2,42	0,039				2886,092	1192.6
							Ro	46,714

Parcela 2

Días	Etapas	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	326,50						
	semillas							
0	disponibles	160,61	1,000	0,336	0,336	0,18		
8	plántulas	106,58	0,664	0,564	0,850	0,82		
43	establecidas	16,00	0,100	0,000	0,000	0,00		
71	jóvenes	16,00	0,100	0,023	0,229	0,11		
101	adultos	12,33	0,077				14704,76	1192.6
							Ro	91,558

Parcela 3

Días	Etapas	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	150,70						
	semillas							
0	disponibles	74,13	1,000	0,788	0,788	0,67		
8	plántulas	15,75	0,212	0,157	0,741	0,59		
43	establecidas	4,08	0,055	0,006	0,100	0,05		
71	jóvenes	3,67	0,050	0,010	0,204	0,10		
101	adultos	2,92	0,039				3482,392	1192.6
							Ro	46,977

Parcela 4

Días	Etapas	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	376,70						
	semillas							
0	disponibles	185,30	1,000	0,681	0,681	0,50		
8	plántulas	59,17	0,319	0,293	0,918	1,09		
43	establecidas	4,83	0,026	0,000	0,000	0,00		
71	jóvenes	4,83	0,026	0,009	0,327	0,17		
101	adultos	3,25	0,018				3875,95	1192.6
							Ro	20,917

Parcela 5

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	351,60						
	semillas							
0	disponibles	172,95	1,000	0,683	0,683	0,50		
8	plántulas	54,75	0,317	0,292	0,922	1,11		
43	establecidas	4,25	0,025	0,002	0,078	0,04		
71	jóvenes	3,92	0,023	0,002	0,087	0,04		
101	adultos	3,58	0,021				4269,508	1192.6
							Ro	24,686

Parcela 6

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	1155,00						
	semillas							
0	disponibles	568,14	1,000	0,771	0,771	0,64		
8	plántulas	129,83	0,229	0,214	0,935	1,18		
43	establecidas	8,50	0,015	0,000	0,000	0,00		
71	jóvenes	8,50	0,015	0,001	0,098	0,04		
101	adultos	7,67	0,014				9147,242	1192.6
							Ro	16,100

Parcela 7

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	100,50						
	semillas							
0	disponibles	49,44	1,000	-0,282	-0,282	-0,11		
8	plántulas	63,40	1,282	1,170	0,912	1,06		
43	establecidas	5,58	0,113	0,056	0,493	0,29		
71	jóvenes	2,83	0,057	0,017	0,293	0,15		
101	adultos	2,00	0,040				2385,2	1192.6
							Ro	48,248

Parcela 8

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	376,70						
	semillas							
0	disponibles	185,30	1,000	0,559	0,559	0,36		
8	plántulas	81,67	0,441	0,408	0,926	1,13		
43	establecidas	6,08	0,033	0,019	0,576	0,37		
71	jóvenes	2,58	0,014	0,004	0,291	0,15		
101	adultos	1,83	0,010				2182,458	1192.6
							Ro	11,778

Parcela 9

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	753,40						
	semillas							
0	disponibles	370,60	1,000	0,649	0,649	0,45		
8	plántulas	130,08	0,351	0,328	0,934	1,18		
43	establecidas	8,58	0,023	0,001	0,029	0,01		
71	jóvenes	8,33	0,022	0,007	0,300	0,15		
101	adultos	5,83	0,016				6952,858	1192.6
							Ro	18,761

Parcela 10

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	552,49						
	semillas							
0	disponibles	271,77	1,000	0,532	0,532	0,33		
8	plántulas	127,25	0,468	0,456	0,973	1,57		
43	establecidas	3,42	0,013	0,001	0,050	0,02		
71	jóvenes	3,25	0,012	0,004	0,332	0,18		
101	adultos	2,17	0,008				2587,942	1192.6
							Ro	9,523

Parcela 11

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	276,25						
	semillas							
0	disponibles	135,89	1,000	0,796	0,796	0,69		
8	plántulas	27,67	0,204	0,174	0,855	0,84		
43	establecidas	4,00	0,029	0,000	0,000	0,00		
71	jóvenes	4,00	0,029	0,011	0,375	0,20		
101	adultos	2,50	0,018				2981,5	1192.6
							Ro	21,941

Parcela 12

Días	Etapa	a_x	l_x	d_x	q_x	k_x	f_x	m_x
	semillas totales	678,06						
	semillas							
0	disponibles	333,54	1,000	0,914	0,914	1,06		
8	plántulas	28,83	0,086	0,072	0,829	0,77		
43	establecidas	4,92	0,015	0,000	0,000	0,00		
71	jóvenes	4,92	0,015	0,010	0,661	0,47		
101	adultos	1,67	0,005				1991,642	1192.6
							Ro	5,971

a_x = número de supervivientes hasta el día x .

l_x = Proporción de la cohorte original que sobrevive hasta el día x .

dx = proporción de la cohorte original que muere durante el intervalo.

q_x = tasa de mortalidad específica de cada fase, considera a dx como una fracción de l_x . También puede ser considerada como la probabilidad media de morir que tiene un individuo.

k_x fuerza de mortalidad, es una medida logarítmica de la mortalidad

f_x = semillas producidas por el total de adultos.

m_x = semillas producidas por cada individuo.

R_0 = tasa de incremento de una generación a otra.