

# Bioecología de *Urochloa panicoides*

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,  
Área Producción Vegetal*

**Diego Ustarroz**  
Ingeniero Agrónomo. 2004  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional de Córdoba

Lugar de trabajo: INTA Manfredi



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires

## COMITÉ CONSEJERO

Directora de tesis  
**Betina C. Kruk**  
Ingeniero Agrónomo (UBA)  
Dra. en Ciencias Agropecuarias (UBA)

Consejero de Estudios  
**Emilio H. Satorre**  
Ingeniero Agrónomo (UBA)  
PhD. (Reading)

Consejero de Estudios  
**Claudio M. Ghersa**  
Ingeniero Agrónomo (UBA)

## JURADO DE TESIS

Directora de tesis  
**Betina C. Kruk**  
Ingeniero Agrónomo (UBA)  
Dra. en Ciencias Agropecuarias (UBA)

JURADO  
**Eduardo C. J. M. Puricelli**  
Ingeniero Agrónomo (UNR)  
Doctor en Agronomía (UNS)

JURADO  
**Guillermo R. Chantre**  
Ingeniero Agrónomo (UNS)  
Doctor en Agronomía (UNS)

A mi familia

En Memoria de mi madre Rosario Nores Caballero

## **AGRADECIMIENTOS**

A María Celeste y mis padres, quienes siempre me han motivado en todos mis emprendimientos.

A mi directora de tesis Betina Kruk por todo su apoyo y dedicación en este trabajo.

A mis dos consejeros Emilio Satorre y Claudio Ghera por sus valiosos aportes a esta tesis.

A mi director de beca Héctor Rainero por su apoyo y colaboración.

Al Ing. Agr. Roberto Rolando por facilitar amablemente las instalaciones del Laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC.

A Nicolás Quiroga por su colaboración en los ensayos

A Patricia del Fueyo, Diego Batlla y Antonio Guglielmini por su colaboración y sugerencias.

Al INTA, que a través del otorgamiento de una beca de investigación, ha hecho factible la ejecución de esta tesis.

## INDICE GENERAL

|   |          |
|---|----------|
| INDICE DE TABLAS.....   | vii      |
| INDICE DE FIGURAS.....  | viii     |
| SIGLAS Y ABREVIATURAS.....  | xii      |
| DECLARACIÓN.....  | xiv      |
| RESUMEN.....  | xv       |
| ABSTRACT.....   | xvi      |
| <b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>  | <b>1</b> |
| HIPÓTESIS.....  | 4        |
| OBJETIVO GENERAL.....   | 4        |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 5        |
| ESTRUCTURA DE LA TESIS.....   | 5        |
| <b>CAPÍTULO 2: ESTABLECIMIENTO DE UROCHLOA PANICOIDES</b>   |          |
| INTRODUCCIÓN.....   | 6        |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 10       |
| MATERIALES Y MÉTODOS  |          |
| Tratamientos de Postmaduración.....   | 10       |
| Ensayos de germinación.....   | 11       |
| Estimación de los parámetros de dormición y germinación a partir de resultados del test de germinación de regímenes de temperaturas ascendentes y descendentes.....                           | 12       |
| Germinación de <i>U. panicoides</i> a temperaturas constantes: Estimación de la temperatura base y el Tiempo térmico.....   | 14       |
| Experimento a campo: Emergencia de la maleza en ambientes con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo.....   | 15       |
| RESULTADOS  |          |
| Comportamiento de las semillas de <i>U. panicoides</i> en el test de germinación de regímenes de temperaturas ascendentes y descendentes en función de las condiciones de postmaduración..... | 17       |
| Germinación del banco natural de semillas a temperaturas constantes.....  | 20       |
| Cuantificación de los parámetros que describen el comportamiento térmico y explican la dinámica de la germinación.....  | 21       |
| Emergencia de <i>U. panicoides</i> en ambientes con diferentes niveles de radiación solar   |          |

|   |    |
|---|----|
| incidente sobre el suelo.....   | 22 |
| DISCUSIÓN.....  | 25 |
| <b>CAPÍTULO III: EFECTO DE ATRAZINA Y METOLACLOR SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DE <i>U. PANICOIDES</i></b> |    |
| INTRODUCCIÓN.....   | 28 |
| MATERIALES Y MÉTODOS.....   | 29 |
| RESULTADOS.....   | 29 |
| DISCUSIÓN.....  | 30 |
| <b>CAPITULO IV: DEMOGRAFÍA DE <i>U. PANICOIDES</i> EN CULTIVOS DE MAÍZ Y SOJA</b>                     |    |
| INTRODUCCIÓN.....   | 32 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 33 |
| MATERIALES Y MÉTODOS  |    |
| Estudio de la demografía de <i>U. panicoides</i> en el cultivo de maíz.....                           | 33 |
| Estudio de la demografía de <i>U. panicoides</i> en el cultivo de soja.....                           | 34 |
| Determinaciones.....  | 35 |
| Análisis estadístico.....   | 36 |
| Datos climáticos.....   | 36 |
| RESULTADOS  |    |
| Demografía de <i>U. panicoides</i> en cultivos de maíz  |    |
| Campaña 2007-2008.....  | 36 |
| Campaña 2008-2009.....  | 38 |
| Campaña 2009-2010.....  | 43 |
| Demografía de <i>U. panicoides</i> en cultivos de Soja  |    |
| Campaña 2008-2009.....  | 44 |
| DISCUSIÓN.....  | 46 |
| <b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN GENERAL.....</b>   |    |
| Líneas futuras.....   | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 56 |
| ANEXO.....  | 64 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 4.1: Fecundidad de individuos pertenecientes a la primera cohorte y producción total de semillas en los distintos tratamientos.....  | 38 |
| Tabla 4.2: Número de plantas pertenecientes a la primera cohorte, supervivencia, fecundidad y producción de semillas de las mismas en los diferentes tratamientos de la campaña 2009-2010..... | 43 |
| Tabla 4.3: Número de plantas pertenecientes a la segunda cohorte, supervivencia, fecundidad y producción de semillas de las mismas en los diferentes tratamientos.....                         | 44 |

## INDICE DE FIGURAS

- Figura 2.1: Cambios estacionales en el rango de temperaturas permisivo para la germinación y su relación con la dinámica de la temperatura del suelo. Las líneas punteadas indican temperatura del límite superior ( $Th$ ) e inferior ( $Tl$ ) del rango permisivo para la germinación y la línea llena indica temperatura del suelo ( $T^\circ$  del suelo). El área sombreada representa el período en el cual ocurre la germinación a campo (especie anual estival; adaptado de Probert, 1992).....7
- Figura 2.2: Relación entre la tasa mediana de germinación y la temperatura. En el eje de las abscisas se marcan la temperatura base ( $Tb$ ), la temperatura óptima ( $To$ ) y la temperatura máxima ( $Tm$ ). La pendiente de la relación es la recíproca del tiempo térmico. Figura interior: Porcentaje de germinación en función del tiempo térmico (Extraído de Kruk,2002).....8
- Figura 2.3: Cambios en el nivel de dormición asociados a variaciones en la temperatura del límite inferior ( $Tl$ ). El porcentaje final de germinación queda determinado por las distribuciones normales de  $Tl$  y  $Th$ .  $\mu_{Tl}$  y  $\mu_{Th}$  son las medias de dichas distribuciones y su desvío estándar corresponde al área sombreada (adaptado de Kruk, 2002).....9
- Figura 2.4: Comportamiento de semillas de *U. panicoides* luego de 4 meses de postmaduración en las siguientes condiciones. 4 °C en seco (a-b); 25 °C en seco (c-d); a campo, semillas dispersadas (e-f) y a campo, semillas no dispersadas (g-h). La línea punteada muestra la marcha de la temperatura. La línea entera representa el porcentaje de germinación acumulada. Las barras indican el porcentaje máximo de germinación luego de exponer las semillas a 20 °C(12hs)-30 °C (12hs) y 25 °C al finalizar el régimen *IT* y *DT*, respectivamente. Líneas verticales indican el error estándar. Panel izquierdo: incremento térmico (régimen *IT*); panel derecho: descenso térmico (régimen *DT*).....18
- Figura 2.5: Comportamiento de semillas de *U. panicoides* después de 7 meses de postmaduración en las siguientes condiciones: 4 °C en seco (a-b); 25 °C en seco (c-d); a campo, semillas dispersadas (e-f); a campo, semillas no dispersadas (g-h) y Banco natural (i-j). La línea punteada muestra la marcha de la temperatura. La línea entera representa el porcentaje de germinación acumulada. Las barras indican el porcentaje máximo de germinación luego de exponer las semillas a 20 °C (12hs)-30 °C (12hs) y 25 °C al finalizar el régimen *IT* y *DT*, respectivamente. Líneas verticales indican el error estándar. Panel izquierdo: incremento térmico (régimen *IT*); panel derecho: descenso térmico (régimen *DT*).....19
- Figura 2.6: Porcentaje final de germinación a los 7 meses de la dispersión de las semillas, en el régimen de ascenso térmico (*IT*) y descenso térmico (*DT*) en promedio de los tratamientos de postmaduración (izquierda) y en los diferentes tratamientos de postmaduración en promedio de ambos regímenes térmicos (derecha). Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Duncan  $P < 0.05$ . .....20
- Figura 2.7: Germinación acumulada de semillas *U. panicoides* incubadas a diferentes temperaturas. Las líneas verticales indican el error estándar.....20

- Figura 2.8: Relación entre la tasa de germinación de *U. panicoides* y la temperatura de incubación. Los datos presentados corresponden a los percentiles de germinación 30, 50 y 70.....21
- Figura 2.9: Porcentaje de germinación de *U. panicoides* observado en el test de germinación y el porcentaje de germinación simulado por el modelo. La línea recta indica relación 1:1.....21
- Figura 2.10: Temperatura media diaria del suelo en los diferentes tratamientos durante el período en que se produjo emergencia de la maleza. (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).....22
- Figura 2.11: Temperaturas máximas (líneas punteadas) y mínimas (líneas llenas) diarias del suelo registradas en los diferentes tratamientos durante el período que se produjo emergencia de la maleza (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).....22
- Figura 2.12: Número de plantas emergidas de *U. panicoides* en parcelas con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo. I = suelo descubierto; II = 70 % y III = 20 % de radiación solar incidente. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Ducan  $P < 0.05$ .....23
- Figura 2.13: Emergencia acumulada de *U. panicoides* en parcelas con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).....23
- Figura 2.14: (A) Emergencia de *U. panicoides* en cada tratamiento relativa al total emergido en cada uno de ellos, en función de los días desde el inicio del ensayo. (B) Emergencia de *U. panicoides* en cada tratamiento relativa al total emergido en el suelo descubierto en función del tiempo térmico acumulado ( $T_b$ : 6 °C) (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).....24
- Figura 2.15: Emergencia relativa acumulada en función del tiempo térmico (círculos: Temperatura base 6 °C; cuadrados:  $T_b$  13 °C).....24
- Figura 3.1: Efecto de metolaclor sobre el número de plantas (supervivencia) y biomasa en porcentaje del testigo de *U. panicoides* a los 30 días después de la aplicación.....29
- Figura 3.2: Supervivencia de plantas (panel izquierdo) y biomasa en porcentaje del testigo (panel derecho) de *U. panicoides* en función de la dosis de atrazina aplicada durante la primera experiencia. Las ecuaciones ajustadas son  $\blacktriangle$  Supervivencia % =  $96,4 - 13,07 X$ ,  $R^2 = 0,40$ ; y  $\bullet$  Biomasa % =  $79,6 - 2,72 X$ ,  $R^2 = 0,01$ .....30
- Figura 3.3: Supervivencia de plantas (panel izquierdo) y biomasa en porcentaje del testigo (panel derecho) de *U. panicoides* en función de la dosis de atrazina aplicada durante la

segunda experiencia. La ecuaciones ajustadas son ▲ Supervivencia % =  $69,75 - 0,75 X$ ,  $R^2 = 0,009$ ; ● Biomasa % =  $71,78 - 0,69 X$ ,  $R^2 = 0,007$ .....30

Figura 4.1: Temperatura de suelo máxima (línea punteada) y mínima (línea llena), en parcelas con presencia del cultivo de maíz (símbolos llenos) y sin presencia del cultivo (símbolos vacíos) durante la campaña 2007-2008.....36

Figura 4.2: Precipitaciones registradas desde la emergencia del cultivo de maíz (11 de noviembre) en la campaña 2007-2008.....37

Figura 4.3: Número de plantas de *U. panicoides* en cada cohorte a partir de la emergencia del cultivo de maíz (11 de noviembre) en los distintos tratamientos de la campaña 2007-2008: presencia de cultivo (símbolos llenos); sin cultivo (símbolos vacíos); con atrazina (triángulos); con atrazina y metolaclor (cuadrados). Las barras verticales indican el error estándar.....37

Figura 4.4: Producción de semillas de *U. panicoides* en parcelas con cultivo de maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicidas (panel izquierdo) y en parcelas con o sin metolaclor en promedio de los tratamientos de cultivo (panel derecho). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD ( $P < 0.05$ ).....38

Figura 4.5: Temperatura de suelo máxima (línea punteada) y mínima (línea llena), en parcelas con presencia del cultivo de maíz (símbolos llenos) y sin presencia del cultivo (símbolos vacíos) en la campaña 2008-2009.....39

Figura 4.6: Precipitaciones registradas desde la emergencia del cultivo de maíz (28 de octubre) en la campaña 2008-2009.....39

Figura 4.7: Número de plantas de *U. panicoides* emergidas en cada cohorte a partir de la emergencia del cultivo de maíz (28 de octubre) en los distintos tratamientos de la campaña 2008-2009. Presencia de cultivo (símbolos llenos); sin cultivo (símbolos vacíos); con atrazina (triángulos); con atrazina y metolaclor (cuadrados); sin herbicida (círculos). Las barras verticales indican el error estándar.....40

Figura 4.8: Supervivencia de plantas de *U. panicoides* en parcelas con cultivo de maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicida y en parcelas con y sin metolaclor en el promedio de los tratamientos de cultivo de la campaña 2008-2009: Panel superior (primera cohorte), panel inferior (segunda cohorte). Barras con iguales letras no difieren significativamente según el test (LSD  $P < 0.05$ ).....40

Figura 4.9: Biomasa individual de *U. panicoides* en parcelas con maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicida y en parcelas con y sin metolaclor en el promedio de los tratamientos de cultivo de la campaña 2008-2009: Panel superior (primera cohorte), panel inferior (segunda cohorte). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD ( $P < 0.05$ ).....41

Figura 4.10: Número de semillas producidas por individuo de *U. panicoides* en parcelas con cultivo de maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicida y en parcelas con y sin metolaclor en el promedio de los tratamientos de cultivo de la campaña 2008-2009: Panel

|  |    |
|--|----|
| superior (primera cohorte), panel inferior (segunda cohorte). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD ( $P < 0.05$ ).....  | 41 |
| Figura 4.11: Relación entre la biomasa individual de <i>U. panicoides</i> y la producción de semillas por planta (fecundidad).....   | 42 |
| Figura 4.12: Producción de biomasa de <i>U. panicoides</i> (panel superior) y de semillas (panel inferior) en parcelas con maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicidas (panel izquierdo) y en parcelas con o sin metolaclor en el promedio de los tratamientos de cultivo (panel derecho) durante la campaña 2008-2009. Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD ( $P < 0.05$ ).....  | 42 |
| Figura 4.13: Precipitaciones registradas desde la emergencia del cultivo de maíz (22 de noviembre) durante la campaña 2009-2010.....   | 43 |
| Figura 4.14: Temperatura máxima (línea punteada) y mínima (línea llena) de suelo, en parcelas con presencia del cultivo de soja (símbolos llenos) y sin presencia del cultivo (símbolos vacíos) durante la campaña 2008-2009.....  | 44 |
| Figura 4.15: Número de plantas de <i>U. panicoides</i> emergidas en cada cohorte, a partir de la emergencia del cultivo de soja (28 de octubre) en los distintos tratamientos de la campaña 2008-2009. Presencia de cultivo (símbolos llenos); sin cultivo (símbolos vacíos); con glifosato (línea punteada y cuadrados); sin glifosato (línea llena y triángulos). La flecha indica la aplicación de glifosato. Figura interior: número de plantas emergidas en cada tratamiento a inicios de febrero (100 días desde la emergencia, Cohorte 4). Las barras verticales indican el error estándar..... | 45 |
| Figura 4.16: Supervivencia de las dos primeras cohortes de <i>U. panicoides</i> en parcelas sin aplicación de herbicida, con y sin presencia del cultivo de soja en la campaña 2008-2009. En cada cohorte, barras con iguales letras no difieren significativamente según el test LSD ( $P < 0.05$ ).....  | 46 |
| Figura 4.17: Producción de biomasa y semillas de <i>U. panicoides</i> , en parcelas sin aplicación de herbicida, con y sin presencia del cultivo de soja en la campaña 2008-2009. Barras con iguales letras no difieren significativamente según el test LSD ( $P < 0.05$ ).....   | 46 |
| Figura 5.1: Tabla de vida de <i>Urochloa panicoides</i> creciendo en diferentes situaciones i) con y sin cultivo de Maíz y con aplicación de herbicida atrazina sola o en mezcla con metolaclor en la campaña 2008-2009. A) Sin cultivo con Atrazina + Metolaclor; B) Sin cultivo con Atrazina; C) Maíz con Atrazina + Metolaclor; D) Maíz con Atrazina.....   | 51 |
| Figura 5.2: Tabla de vida del tercer experimento (campaña 2009-2010): A) Maíz sin herbicida; B) Maíz con Atrazina; C) Maíz con Atrazina + Metolaclor .....   | 52 |
| Figura 5.3: Tabla de vida de <i>U. panicoides</i> en el experimento de soja (campaña 2008-2009): A) Sin cultivo sin glifosato; B) Soja sin glifosato; C) sin cultivo con glifosato.....  | 54 |

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

| SIGLA /<br>ABREVIATURA | SIGNIFICADO  | UNIDAD |
|------------------------|--|--------|
| $\sigma_{Th}$          | desvío standard de la temperatura <i>Th</i> .  | °C     |
| $\sigma_{Tl}$          | Desviación standard de <i>Tl</i>   | °C     |
| Atraz+ Metol           | Mezcla de Atrazina y metolaclor  |        |
| $D_{\square}$          | Tiempo térmico diferencial para la germinación del 0 al 50% de la población.                   | °Cdía  |
| Disp.                  | Semillas dispersadas   | ----   |
| ERA                    | Emergencia relativa acumulada  | %      |
| $g; i$                 | Fracción de individuos de la población   | %      |
| GM                     | Grupo de madurez   |        |
| GR <sub>50</sub>       | Grado de resistencia   |        |
| lat                    | Latitud  | °      |
| long                   | Longitud   | °      |
| MO                     | Materia orgánica   |        |
| No disp.               | Semillas no dispersadas (no desprendidas de la panoja naturalmente)                            |        |
| Pfr                    | Fragmento del fitocromo con un máximo de absorción en la región del espectro <i>ca.</i> 730 nm |        |
| Pr                     | Fragmento del fitocromo con un máximo de absorción en la región del espectro 660 nm (R)        | ----   |
| <i>Ptotal</i>          | Fitocromo total, Pr+Pfr  | ----   |
| R                      | Espectro de luz en la longitud de onda <i>ca.</i> 660 nm                                       | nm     |
| <i>r</i>               | Tasa de germinación  | 1/d    |
| <i>régimen DT</i>      | Régimen de temperaturas descendentes (rango 36°C-4°C)  | ----   |
| <i>régimen IT</i>      | Régimen de temperaturas ascendentes (rango 4°C-36°C)   | ----   |

| SIGLA /<br>ABREVIATURA | SIGNIFICADO  | UNIDAD |
|------------------------|--|--------|
| RL                     | Espectro de luz en la longitud de onda<br><i>ca.</i> 730 nm                | nm     |
| T                      | Temperatura  | °C     |
| T <sub>b</sub>         | Temperatura base   | °C     |
| T <sub>h</sub>         | Temperatura del límite superior del rango<br>permisivo para la germinación | °C     |
| T <sub>l</sub>         | Temperatura del límite inferior del rango<br>permisivo para la germinación | °C     |
| <i>T<sub>m</sub></i>   | Temperatura máxima   | °C     |
| T med                  | Temperatura media  | °C     |
| T <sub>o</sub>         | Temperatura óptima   | °C     |
| T° del suelo           | Temperatura del suelo  | °C     |
| TT                     | Tiempo térmico   | °Cdía  |
| TT <sub>50</sub>       | Tiempo térmico requerido para que germine el<br>50% de la población        | °Cdía  |

## DECLARACIÓN

- *“Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original, producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.”*

Ing. Agr. Diego Ustarroz

## Bioecología de *Urochloa panicoides*

### RESUMEN

Se estudiaron aspectos claves de la regulación poblacional de *U. panicoides* en cultivos de maíz y soja, con énfasis en los procesos de germinación, emergencia y producción de semillas. Se realizaron ensayos a campo y en condiciones controladas determinándose los factores ambientales que modifican el nivel de dormición y la emergencia de la maleza. Se realizó un estudio de demografía de *U. panicoides* en cultivos de maíz y soja, cuantificándose el efecto de los herbicidas y de los cultivos sobre la emergencia, supervivencia y fecundidad de la maleza. En referencia a los procesos de germinación y emergencia, las semillas después de cuatro meses de ocurrida la dispersión, permanecieron dormidas independientemente de las condiciones ambientales a las que fueron sometidas. Luego de 7 meses de postmaduración, la permanencia de las semillas a 4 °C no solo no redujo la dormición sino que por el contrario indujo la misma. Al cabo del mismo período, las semillas sometidas a las condiciones ambientales presentes en el campo y aquellas almacenadas a 25 °C presentaron un menor nivel de dormición y, por lo tanto, germinaron en un amplio rango de temperaturas. La temperatura base, óptima y máxima, fueron estimadas en 6, 35 y 45 °C respectivamente. *U. panicoides* emergió a inicios de primavera con su principal flujo en el mes de octubre, requiriendo 250 °C día a partir de la imbibición de las semillas, para que se produzca un 50 % de emergencia. La disminución de la radiación solar incidente sobre el suelo a partir del uso de mallas plásticas, redujo la amplitud térmica del mismo y el número de plantas emergidas de esta especie. *U. panicoides* demostró una alta tolerancia a atrazina y susceptibilidad a metolaclor, obteniéndose control total de la especie a dosis de marbete de este último producto bajo condiciones controladas. Sin embargo a campo el control con dichos herbicidas en maíz fue parcial, lo que permitió la reposición del banco de semillas en este cultivo. La emergencia temprana de la maleza y su alta susceptibilidad al herbicida glifosato facilitaron el control de esta especie en el cultivo de soja, evitando de esta forma la producción de descendencia.

**Palabras Clave.** Demografía; emergencia; germinación; maíz; *Urochloa panicoides*; soja.

## Bioecology of *Urochloa panicoides*

### ABSTRACT

We studied the germination and emergence of *U. panicoides*. Field and controlled-conditions experiments were performed to identify the environmental factors that modify the level of dormancy and the emergence of the weed. The demography of *U. panicoides* in corn and soybeans was also studied, quantifying the effect of herbicides and crops on emergence, survival and fecundity of the weed. Within four months after dispersal, seeds remained dormant irrespective of environmental conditions to which they were subjected. After 7 months of after-ripening, seed dormancy level was not reduced by low temperatures (4 °C) but, instead, dormancy was enforced. After the same period, seeds subjected to the environmental conditions prevailing in the field or stored at 25 °C displayed a low dormancy level, evidenced by the fact that they were able to germinate in a wide range of temperatures. The base, optimum and maximum temperature were estimated to be 6, 35 and 45 °C respectively. *U. panicoides* emerged in early spring with its main flux in October, requiring 250 °C day since seeds imbibition, to produce 50% of emergence. The reduction of radiation on the ground by means of plastic nettings, reduced thermal amplitude and the number of emerged seedlings of this species. *U. panicoides* showed a high tolerance to atrazine and susceptibility to metolachlor, achieving total control of the weed with metolachlor at label dose under controlled conditions. However, in field experiments, only partial controls were obtained with these herbicides in corn, allowing the replenishment of the seed bank during the crop cycle.. The early emergence of the weed and its high susceptibility to the herbicide glyphosate provided control of this species in soybeans, thus precluding the production of seeds.

**Key words:** corn; demography; emergence; germination; *Urochloa panicoides*; soybean

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Especies pertenecientes al género *Urochloa* o *Brachiaria* han sido descritas como malezas importantes en cultivos de maní, maíz y soja (Chamble et al., 1982a,b; Voll et al., 1995; Mueller y Hayes, 1997; Alford et al., 2005). *Urochloa panicoides* P. Beauv. es una especie nativa de África que se encuentra naturalizada en el centro y noroeste de Argentina (Morrone y Zuloaga, 1992), comportándose como maleza en cultivos estivales.

Las malezas constituyen un componente biológico importante y muy exitoso de los agroecosistemas. Este éxito, es particularmente remarcable en vista del esfuerzo dirigido a su control (Cousens y Mortimer, 1995). En los últimos años con el incremento de la siembra directa y los cultivos transgénicos, los herbicidas se han constituido en la principal herramienta en la lucha contra las malezas. A pesar del continuo uso de los mismos, las malezas continúan siendo un serio problema en lotes cultivables y su uso indiscriminado ha resultado en la evolución de biotipos resistentes y contaminación ambiental (Mortimer y Maxwell, 1994; Powles, 2008; Vila Aiub et al., 2008). Con la finalidad de obtener altos rendimientos, conservando los recursos y minimizando los riesgos del uso excesivo de insumos químicos, es necesario reemplazar el control de malezas por un sistema de manejo integrado de las mismas (Ghersa et al., 2000). El manejo de malezas, a diferencia de las estrategias basadas en el control con diferentes herramientas mecánicas y químicas, pone énfasis en evitar la producción de propágulos, reducir la emergencia de malezas en los cultivos y minimizar la competencia (Buhler, 1999). Para ello, se requiere un mayor conocimiento de la ecología de las especies y de estudios que revelen las estrategias que hacen a una especie, una maleza exitosa en un ecosistema particular (Radosevich et al., 1997).

En general, el éxito de las malezas en los sistemas cultivados depende de los atributos que le confieren capacidad para sobrevivir a los disturbios y ajustarse a la oferta ambiental (Cousens y Mortimer, 1995). Por ejemplo, los sistemas de labranza y la aplicación de herbicidas en los cultivos pueden provocar cambios cuali y cuantitativos en la comunidad de las malezas (Tuesca et al., 2001; Puricelli y Tuesca, 2005; Tuesca y Puricelli, 2007). En Argentina, más del 70 % de la tierra cultivada es manejada bajo siembra directa (Leguizamón, 2001; Aapresid, 2010). En dichos sistemas, las gramíneas anuales se han constituido en uno de los principales problemas de malezas (Vitta et al., 1999; Leguizamón et al., 2006). Dentro de estas, las especies del género *Urochloa* han comenzado a adquirir importancia en los cultivos del área central Argentina. El género *Urochloa* está estrechamente relacionado con el género *Brachiaria* y han sido principalmente diferenciados por la orientación de la espiguilla. Algunos autores han cuestionado este carácter para separar a estos géneros por la variación observada en el mismo (Blake, 1958; Hsu, 1965; Webster, 1987; 1988), citados por Morrone y Zuloaga (1992). Este último autor, propuso nuevos caracteres para separar los géneros y sus especies. Mediante su uso, se ha reconocido que en Sudamérica, el género *Brachiaria* está representado solamente por *B. eruciformi* (Sm.) Griseb originaria del viejo mundo y que el género *Urochloa*, en cambio, está representado por un total de 22 especies, 9 introducidas de África y Asia y 13 americanas (Morrone y Zuloaga, 1992). De todos modos, existen aún

muchos autores que continúan clasificando a las especies de *Urochloa* como pertenecientes a *Brachiaria* criterio que será respetado en este trabajo.

En los últimos años, la abundancia de *U. panicoides* se ha incrementado en los lotes agrícolas de la región central de Córdoba (Rodríguez, com. personal), donde el maíz y la soja son los cultivos predominantes. A su vez, en Australia, se ha confirmado la evolución de biotipos resistentes de esta especie a atrazina (Adkins et al., 1997) y glifosato (Boutsalis y Preston, 2008). A pesar de estos hechos, la información disponible de *U. panicoides* es escasa, lo que dificulta el diseño e implementación de un sistema de manejo integrado de la maleza. Para ello es necesario abordar estudios de dinámica poblacional que brindan información valiosa para la toma de decisiones.

Tres aproximaciones para el estudio de dinámica poblacional de malezas han sido descritas por Fernández Quintanilla (1988):

1- **Estudios de largo plazo:** consisten en estudiar la evolución del tamaño de la población a lo largo de un período de varios años, a través de la cuantificación de alguna variable de estado poblacional (p. ej., N° de semillas).

2- **Estudios demográficos:** los mismos consisten en determinar el número de individuos que componen las distintas clases de edad existentes dentro de la población. A partir de esta determinación es posible calcular la proporción de individuos dentro de una clase de edad que pasa a la siguiente y la confección de las denominadas "tabla de vida".

3- **Estudios mecanísticos:** Establecen relaciones funcionales entre los factores ambientales y biológicos y las tasas con que ocurren los procesos.

A partir de esta aproximación de estudio, es posible identificar procesos demográficos claves en la regulación poblacional de especies anuales, como la germinación y emergencia de los individuos, su supervivencia y fecundidad (Fernandez-Quintanilla et al., 1991).

El conocimiento de la dinámica de germinación y emergencia de *U. panicoides* y los factores que regulan dichos procesos permitiría comprender, al menos en parte, su éxito poblacional en sistemas cultivados. El patrón de emergencia de una maleza tiene una gran influencia en su habilidad para tomar recursos y producir descendencia (Verdú y Mas, 2006; Lindquist et al., 1995) y puede afectar la efectividad de algunas prácticas de control de malezas. Por ejemplo, especies que emergen tarde en la estación o que poseen un período de emergencia prolongado podrían escapar a la acción de los herbicidas y producir un alto número de semillas (Burke et al., 2003; Puricelli y Tuesca, 2005; Scursioni et al., 2007). Por lo tanto, dicha información facilitará sentar las bases ecológicas para el manejo de la maleza y contribuirá a optimizar el uso de las tecnologías de control.

Para entender y predecir la emergencia de *U. panicoides*, es necesario considerar que en especies cuya vía de reproducción es sexual, muchas poblaciones de semillas de malezas presentan dormición (i.e. incapacidad intrínseca de las semillas para germinar aún cuando las condiciones de temperatura, humedad y aireación son favorables para la germinación, (Benech-Arnold et al. 2000). Por lo tanto, es fundamental determinar los factores que producen cambios en el nivel de dormición de las semillas y su dinámica, identificar las condiciones ambientales necesarias para que proceda la germinación una vez que se ha alcanzado un bajo nivel de dormición y establecer relaciones funcionales entre la tasa de germinación y los factores ambientales (Benech-Arnold y Sánchez, 1995).

La emergencia de las plántulas de una determinada maleza en el campo se produce cuando sus semillas alcanzan un bajo nivel de dormición (Probert, 1992) y las condiciones ambientales (i.e. temperatura, humedad y aireación) son favorables para la germinación. Los cambios en el nivel de dormición y la germinación son procesos diferentes que se producen en diferentes momentos y son afectados por diferentes factores ambientales (Benech-Arnold et al., 2000). En especies anuales, la dormición disminuye durante la estación que precede el período con condiciones favorables para el establecimiento de las plántulas. En contraste, la dormición es inducida en el período que precede la estación con condiciones desfavorables para la supervivencia de las mismas (Karssen, 1982). Dichos cambios fisiológicos en las semillas están influenciados por las condiciones ambientales a las que están sometidas durante su postmaduración (i.e. condiciones ambientales en las que permanecen las semillas luego de su dispersión).

La temperatura es el principal factor ambiental regulador del nivel de dormición (Baskin y Baskin, 1977; 1984; Bouwmeester y Karsen, 1992, Benech-Arnold et al., 2000). A su vez, el efecto de la temperatura sobre el nivel de dormición puede estar modulado por la humedad del suelo (Kruk y Benech-Arnold, 1998; Kruk y Benech-Arnold, 2000; Batlla y Benech-Arnold, 2010). En muchas especies estivales, la disminución de la dormición durante el invierno se produce por el efecto de las bajas temperaturas en semillas embebidas (estratificación), mientras que altas temperaturas durante el verano, están asociadas a la reinducción de la dormición. No obstante, estas respuestas no son extrapolables a todas las especies de verano (Kruk y Benech-Arnold, 1998); y debiera ser confirmada para el caso particular de *U. panicoides*.

Una vez alcanzado un bajo nivel de dormición, las semillas de muchas especies requieren de la terminación de la dormición para que la germinación pueda proceder (Benech-Arnold et al., 2000). Luz y temperaturas alternadas, son los factores de mayor importancia en este proceso (Benech-Arnold et al., 1988; Scopel et al., 1991; Ghera et al., 1992; Pons, 1992). El requerimiento de estos factores para dar fin a la dormición, es un mecanismo adaptativo que le permite a las semillas detectar brechas en el canopy y/o la profundidad a la que se hallan enterradas (Górski, 1975; Fenner, 1980; Thompson y Grime, 1983; Benech-Arnold et al., 1988; Bewley y Black, 1994; Batlla et al., 2000; Kruk et al., 2006). En semillas que requieren de temperaturas alternadas para finalizar la dormición, su germinación estaría restringida cuando estas condiciones no son satisfechas, pudiendo generar esta situación, la reinducción de la dormición en dichas semillas (Benech-Arnold et al., 2000). El conocimiento de esta respuesta en una determinada especie, puede ser utilizado dentro de un programa de manejo integrado de la misma. Por ejemplo, la emergencia de *Brachiaria plantaginea* se redujo en forma exponencial con la presencia de residuos de *Avena strigosa* sobre el suelo (Theisen et al., 2000).

Una vez que los requerimientos para dar fin a la dormición han sido satisfechos, la temperatura actúa solo modulando la tasa de germinación. Por lo tanto, bajo condiciones hídricas no limitantes, el porcentaje de germinación y emergencia de una determinada especie puede ser predicho a través del tiempo térmico acumulado por encima de una temperatura umbral o base (Benech-Arnold y Sánchez, 1995; Forcella et al., 2000). Para ello es necesario estimar además de dicha temperatura base ( $T_b$ ), la temperatura óptima ( $T_o$ ), la temperatura máxima ( $T_m$ ) y el tiempo térmico ( $TTg$ ) requerido para que germine o emerja una determinada fracción de la población.

Los cultivos y los herbicidas pueden afectar el establecimiento de las malezas, su biomasa y fecundidad (Fernández-Quintanilla et al., 1987; Schmenk y Kells, 1998; Scursioni et al., 1999; Kruk et al., 2006). Como se comentó anteriormente, algunas semillas de malezas requieren de factores terminadores de la dormición (i.e. temperaturas alternadas y alta relación Rojo:Rojo Lejano (R:RL)) para poder germinar. La presencia del cultivo puede reducir la amplitud térmica del suelo y la relación R:RL debajo de los mismos (Benech-Arnold et al., 1988; Kruk et al., 2006), regulando de esta forma el establecimiento de las malezas. A su vez, estos ejercen una fuerte competencia sobre las malezas, reduciendo su biomasa y capacidad reproductiva (Lindquist et al., 1995; Norris, 2007; de Abelleira, 2008). Por otro lado, los distintos herbicidas utilizados en los cultivos actúan como filtros, favoreciendo el incremento de las especies que escapan a la acción de los mismos (Johnson y Coble, 1986; Puricelli y Tuesca, 2005; Scursioni y Satorre, 2010). Especies del género *Brachiaria* o *Urochloa* han sido citadas por la dificultad en su control con los herbicidas preemergentes utilizados en maíz (Johnson y Coble, 1986, Adkins et al., 1997). *B. platyphylla* se destaca en la bibliografía por su importancia como maleza y ha sido citada entre las peores malezas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el sudeste de Estados Unidos (Dowler, 1998). Su rápida expansión a comienzos de la década del '80 fue atribuida a su tolerancia al herbicida alaclor (Johnson y Coble, 1986). Sin embargo, la información es escasa y en algunos casos contradictoria (Chamblee et al., 1982a; Muller y Hayes, 1997).

En este contexto, el estudio de la bioecología de *U. panicoides* en cultivos de maíz y soja es fundamental para comprender el éxito de esta maleza en los sistemas preponderantes de la región central de Córdoba. En base al comportamiento general de las semillas de malezas primavera-estivales y los antecedentes de otras especies del género *Urochloa* se proponen las siguientes **hipótesis**:

1. La temperatura del suelo es el factor regulador principal del nivel de dormición y de la emergencia de plántulas de *U. panicoides* cuando la disponibilidad hídrica no es limitante.
  - 1.1. La exposición de las semillas a bajas temperaturas reduce el nivel de dormición, mientras que altas temperaturas producen el efecto contrario.
  - 1.2. Semillas con bajo nivel de dormición requieren temperaturas alternadas como factor terminador de la dormición.
  
2. El cultivo de maíz y los herbicidas preemergentes utilizados en el mismo permiten la reposición del banco de semillas de *U. panicoides*.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar el funcionamiento germinativo de *U. panicoides* y estudiar la demografía de la maleza en cultivos de maíz y soja.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar el efecto de diferentes temperaturas durante la postmaduración de las semillas de *Urochloa panicoides* sobre cambios en el nivel de dormición de las mismas.
2. Determinar si la disponibilidad hídrica durante la postmaduración de las semillas modula el efecto de la temperatura sobre el nivel de dormición.
3. Determinar los parámetros que describen el comportamiento térmico y que explican la dinámica de la germinación bajo condiciones hídricas no limitantes.
4. Caracterizar la emergencia de *U. panicoides* en ambientes con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo
5. Determinar si la presencia del cultivo de maíz y soja afectan la germinación y establecimiento de *U. panicoides*.
6. Establecer la importancia de la competencia de los cultivos en la supervivencia y fecundidad de los individuos establecidos.
7. Determinar cómo es afectado el establecimiento de los individuos de la maleza, su supervivencia y fecundidad por la aplicación de atrazina, metolaclor y glifosato.

### ESTRUCTURA DE LA TESIS

Los aspectos claves estudiados en esta tesis se desarrollaron en tres capítulos. El capítulo II abarca aspectos relacionados al establecimiento de la maleza. Se describe la influencia de la temperatura sobre la dormición, germinación y emergencia de *U. panicoides* y se presentan los parámetros térmicos establecidos. En el capítulo III se estudió el efecto de los herbicidas preemergentes comúnmente utilizados en maíz sobre el establecimiento de la maleza. En el capítulo IV se analiza la demografía de *U. panicoides* en cultivos de maíz y soja, con énfasis en los procesos de emergencia, supervivencia y fecundidad de los individuos. En cada uno de estos capítulos, se presenta una introducción al tema, los objetivos específicos y se discuten los resultados obtenidos. El capítulo V comprende la discusión general de los resultados presentados en este trabajo.

## CAPITULO II

### ESTABLECIMIENTO DE *UROCHLOA PANICOIDES*

#### INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA DORMICIÓN, GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE *U. PANICOIDES*

#### INTRODUCCIÓN

La germinación es un proceso clave en el establecimiento de una maleza. Para que esta pueda proceder el nivel de dormición de las semillas debe ser bajo. En la literatura se encuentra aceptado que en especies primavero-estivales, las bajas temperaturas invernales serían las responsables de reducir el nivel de dormición de las semillas, mientras que las altas temperaturas que se registran hacia fines de la primavera comienzos del verano inducen aumentos en el nivel de dormición (dormición secundaria), determinándose de esta forma ciclos estacionales de dormición (Karssen, 1982; Bouwmeester y Karssen, 1992; Benech-Arnold y Sánchez, 1995). No obstante, estas respuestas no son extrapolables a todas las especies de verano. Por ejemplo, semillas de *Portulaca oleracea* que permanecieron en el campo presentaron baja dormición a la salida del invierno, sin embargo, bajas temperaturas en condiciones controladas no fueron efectivas para reducir el nivel de dormición durante el mismo período (Kruk y Benech-Arnold, 1998). Por otro lado, altas temperaturas no indujeron dormición secundaria, sino que promovieron la salida de dormición en esta especie. En la misma experiencia, sólo una de cuatro especies primavero-estivales estudiadas (i.e. *Polygonum aviculare* L.) presentó un patrón cíclico de dormición (Kruk, 2002).

El efecto de la temperatura sobre el nivel de dormición puede estar modulado por la humedad del suelo (Adámoli et al., 1973; de Miguel y Soriano, 1974; Reisman-Berman et al., 1991; Christensen et al., 1996; Christensen Bauer et al., 1998; Kruk y Benech-Arnold, 2000; Batlla y Benech-Arnold, 2010). Por ejemplo, Kruk y Benech-Arnold (1998) encontraron que la temperatura tuvo gran influencia en los patrones cíclicos de dormición de *P. aviculare*, sin embargo, dependiendo de la condición hídrica, se modificó el tiempo de postmaduración necesario para reducir el nivel de dormición (i.e. semillas embebidas, requirieron menos tiempo a bajas temperaturas para salir de dormición que aquellas almacenadas en seco).

Vegis (1964) propuso que los cambios en el nivel de dormición involucran cambios en el rango de temperaturas en el cual la germinación es posible. Cuando el nivel de dormición es muy alto, la germinación no es posible a ninguna temperatura. Cuando el nivel de dormición disminuye, el rango de temperaturas dentro del cual la germinación es posible se amplía. Un aumento o disminución del nivel de dormición podría expresarse entonces, como una ampliación o reducción en el rango de temperaturas permisivo para la germinación, definido por la temperatura del límite inferior ( $T_l$ ) y la temperatura del límite superior ( $T_h$ ). En general, los cambios en el nivel de dormición en especies estivales como *U. panicoides*, se expresan como un

aumento o disminución de la temperatura límite inferior (temperatura por debajo de la cual las semillas no pueden germinar), permaneciendo la temperatura superior constante (Baskin y Baskin, 1980). Al momento de la dispersión, un alto nivel de dormición podría determinar que las semillas no germinen a ninguna temperatura. Cuando el nivel de dormición disminuye, el rango de temperaturas dentro del cual la germinación puede proceder es amplio debido a la disminución de la temperatura límite inferior (Fig. 2.1). La germinación en el campo se producirá cuando la temperatura del suelo entra dentro del rango permisivo para la misma (Karssen, 1982).

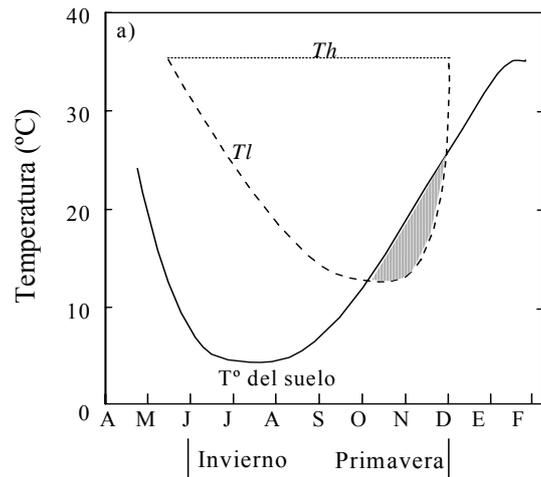


Figura 2.1: Cambios estacionales en el rango de temperaturas permisivo para la germinación y su relación con la dinámica de la temperatura del suelo. Las líneas punteadas indican temperatura del límite superior ( $T_h$ ) e inferior ( $T_l$ ) del rango permisivo para la germinación y la línea llena indica temperatura del suelo ( $T^\circ$  del suelo). El área sombreada representa el período en el cual ocurre la germinación a campo (especie anual estival; adaptado de Probert, 1992).

Dentro del rango de temperaturas en el cual es factible la germinación, la temperatura actúa sólo modulando la tasa de germinación (Bewley y Black, 1982; Washitani, 1985). La tasa de germinación, definida como la inversa del tiempo requerido para alcanzar un determinado porcentaje de germinación, se relaciona linealmente con la temperatura (Hegarty, 1973; Thompson y Fox, 1976). Dicha relación involucra determinadas variables que requieren ser caracterizadas para estimar el porcentaje de germinación de una población de semillas en un tiempo determinado, *i.e.* temperatura base ( $T_b$ ), temperatura óptima ( $T_o$ ), temperatura máxima ( $T_m$ ) y tiempo térmico ( $TT$ ) requerido para que germine una determinada fracción de la población (Fig. 2.2).

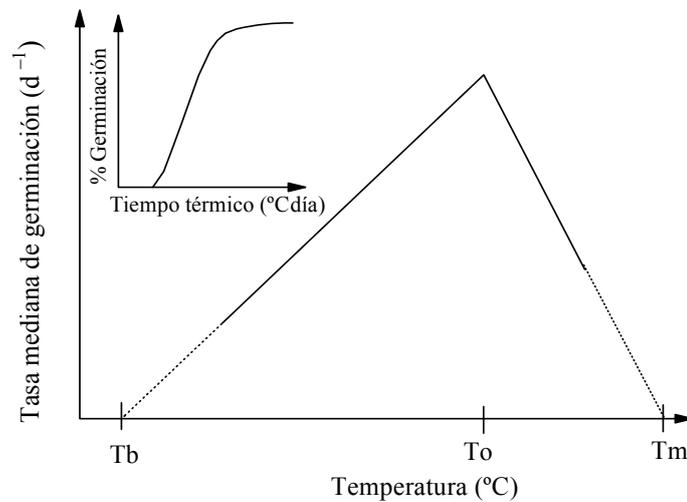


Figura 2.2: Relación entre la tasa mediana de germinación y la temperatura. En el eje de las abscisas se marcan la temperatura base ( $T_b$ ), la temperatura óptima ( $T_o$ ) y la temperatura máxima ( $T_m$ ). La pendiente de la relación es la recíproca del tiempo térmico. Figura interior: Porcentaje de germinación en función del tiempo térmico (Extraído de Kruk, 2002).

La temperatura óptima es aquella a la cual la tasa de germinación es máxima. La temperatura base y máxima de germinación son aquellas por debajo o por encima de la cual la tasa de germinación se hace cero. El tiempo térmico ( $TT$ ) es la inversa de la pendiente de la relación lineal entre la tasa de germinación y la temperatura, ya sea para el rango subóptimo como para el rango supraóptimo de temperatura y expresa los  $^{\circ}\text{C}\text{día}$  acumulados sobre la temperatura base necesarios para que germine un porcentaje determinado de la población. La utilización de estos parámetros permite describir y eventualmente predecir la dinámica de la germinación de una población de semillas despiertas en función del tiempo y de la temperatura dentro del rango térmico permisivo para la germinación (Benech-Arnold y Sánchez, 1995).

Como se comentó anteriormente, cada población de semillas germina dentro de un rango de temperaturas de acuerdo al nivel de dormición que presente. Sin embargo, cuando la temperatura se aproxima a los límites de dicho rango, el porcentaje de germinación no se hace cero en forma abrupta sino que va disminuyendo gradualmente (*i.e.* no pasa del máximo porcentaje de germinación a cero) (Fig. 2.3). Si uno de esos límites fuese la temperatura base ( $T_b$ ) y considerando que la misma es única para toda la población (García-Huidobro et al., 1982; Covell et al., 1986; Washitani y Takenaka, 1984a; Washitani, 1985), debería pasar del máximo porcentaje de germinación a cero de manera abrupta cuando  $T$  se iguala a  $T_b$ . Washitani, (1987) introdujo el concepto de temperatura del límite inferior ( $T_l$ ) para explicar esta situación considerando que existe otra temperatura umbral, que a diferencia de  $T_b$  no es única para toda la población sino que está distribuida normalmente entre los individuos de la población. Como cada individuo tiene una  $T_l$  diferente, en el caso de especies estivales, por ejemplo, el porcentaje de germinación iría declinando conforme  $T$  estuviese por debajo de  $T_l$  de las distintas fracciones. La temperatura base pasaría, entonces, a ser una temperatura teórica

por encima de la cual las semillas acumulan tiempo térmico una vez que  $T$  ha ingresado dentro del rango permisivo para la germinación (*p.ej.* cuando  $T$  es  $> T_l$  para el individuo o fracción de la población considerada). Teniendo en cuenta este concepto Washitani (1987) propuso una metodología que permite caracterizar el nivel de dormición de una población de semillas, en función del porcentaje final de germinación obtenido y el rango de temperaturas dentro del cual se produce la germinación. Dicha metodología será utilizada en este trabajo con *U. panicoides*. Sin embargo, otros trabajos han encontrado variación intrapoblacional de la temperatura base en especies malezas (Pritchard et al., 1999; Wang et al., 2004; Chantre et al., 2009) e inclusive se ha determinado que dicho parámetro se encontraba normalmente distribuido en la población de semillas (Chantre et al., 2009).

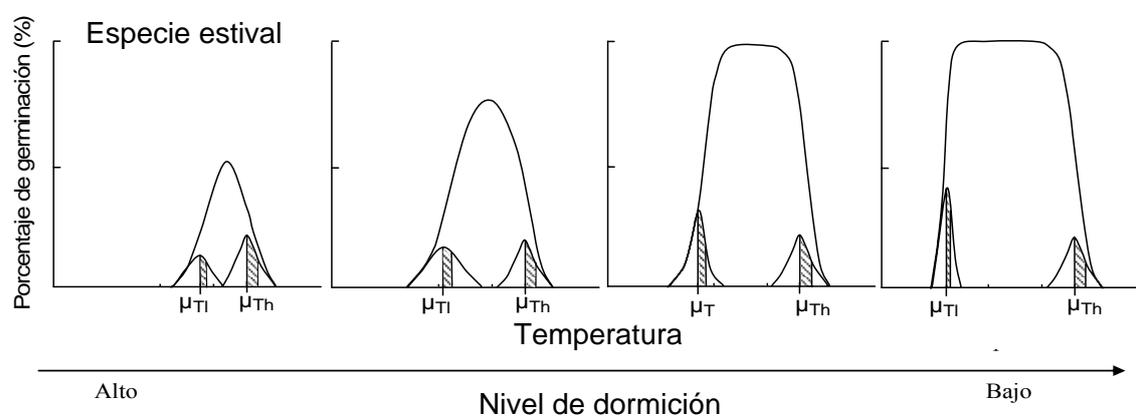


Figura 2.3: Cambios en el nivel de dormición asociados a variaciones en la temperatura del límite inferior ( $T_l$ ). El porcentaje final de germinación queda determinado por las distribuciones normales de  $T_l$  y  $T_h$ .  $\mu_{T_l}$  y  $\mu_{T_h}$  son las medias de dichas distribuciones y su desvío estándar corresponde al área sombreada (adaptado de Kruk, 2002).

Una vez alcanzado un bajo nivel de dormición, las semillas de muchas especies requieren de temperaturas alternantes y luz para dar fin a la dormición y que la germinación pueda proceder (Benech-Arnold et al., 2000). Los cultivos y la presencia de residuos vegetales en superficie reducen la radiación incidente sobre el suelo y por lo tanto la amplitud térmica del mismo y la germinación de las malezas que requieren esta condición térmica para finalizar la dormición (Buhler et al., 1996; Kruk et al., 2006; Faccini y Vitta, 2007). La siembra de cultivos de cobertura, la inclusión de cultivos en la rotación que aporten abundantes residuos distribuidos uniformemente y la reducción de la distancia entre hileras del cultivo, son algunas de las prácticas de manejo que pueden ser utilizadas para aplicar este conocimiento.

En este capítulo, se caracteriza la respuesta de las semillas de *U. panicoides* a la temperatura. Se estudió su importancia como regulador del nivel de dormición y si dicha respuesta está influenciada por el estado hídrico de las semillas. El requerimiento de temperaturas alternantes par dar fin a la dormición y la influencia de la temperatura sobre la germinación también son abordados.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar el efecto de diferentes temperaturas durante la postmaduración de las semillas de *Urochloa panicoides* sobre cambios en el nivel de dormición de las mismas.
2. Determinar si la disponibilidad hídrica durante la postmaduración de las semillas modula el efecto de la temperatura sobre el nivel de dormición.
3. Determinar los parámetros que describen el comportamiento térmico y que explican la dinámica de la germinación bajo condiciones hídricas no limitantes.
4. Caracterizar la emergencia de *U. panicoides* en ambientes con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplimentar los tres primeros objetivos de este capítulo se realizaron experimentos en condiciones controladas. En el primero de ellos se estudió la respuesta de las semillas de *U. panicoides* a diferentes tratamientos de postmaduración, evaluándose la misma mediante un test de germinación que consistió en someter a las semillas a temperaturas graduales ascendentes y descendentes y se cuantificaron los parámetros térmicos de dicha respuesta. Para complementar dicho experimento y estimar los parámetros térmicos que explican la germinación con otra metodología, se realizaron también ensayos de germinación a temperaturas constantes. Para cumplir el cuarto objetivo se realizó un ensayo a campo en condiciones semicontroladas.

### EXPERIMENTOS DE GERMINACIÓN EN CONDICIONES CONTROLADAS

**Comportamiento de las semillas de *U. panicoides* en el test de germinación de regímenes térmicos ascendentes y descendentes en función de las condiciones de postmaduración. Estimación de los parámetros de dormición y germinación.**

#### Tratamientos de Postmaduración

Durante enero de 2008 se recolectaron panojas de *U. panicoides* en lotes de producción de la Estación experimental agropecuaria Manfredi (Córdoba; 31° 41' lat. Sur 63° 46' long Oeste). Estas fueron agitadas para permitir el desprendimiento de las semillas, clasificándolas en **dispersadas** y **no dispersadas** dependiendo si se desprendían o no de la panoja. Además, hacia fines de agosto, se recolectaron semillas de la superficie del suelo dentro de un lote que había presentado una severa infestación de la maleza la campaña anterior (**banco natural**).

Las semillas fueron sometidas a una corriente ascendente de aire para eliminar las semillas vanas y posteriormente fueron acondicionadas en bolsas de papel a temperatura ambiente (temperatura media ca. 20 °C) hasta el inicio de los tratamientos en el mes de febrero. El porcentaje de viabilidad de las semillas fue establecido mediante un test de tetrazolio. Para ello, luego de un período de 18 hs de imbibición, las cubiertas seminales (lema y pálea) fueron retiradas y se realizaron cortes transversales a las semillas cerca

del embrión. Posteriormente estas fueron incubadas en una solución de tetrazolio al 0,5 % (p/v), durante 24 horas a 30 °C en oscuridad (modificado de ISTA, 2003). Las semillas con embriones teñidos de rojo fueron consideradas viables. Esta misma metodología fue utilizada en los ensayos de germinación.

Las semillas **dispersadas** fueron sometidas a las siguientes condiciones de posmaduración durante un periodo de 4 y 7 meses: a) almacenamiento en seco a 25 °C en bolsas de papel; b) almacenamiento en seco a 4 °C en bolsas de papel; c) almacenamiento a 4 °C en húmedo en cajas de Petri; d) a campo, en la superficie del suelo debajo del rastrojo (dentro de bolsas de poliéster transparente con microporos abiertos de 0.5mm x 0.5 mm con la finalidad de generar un ambiente similar al de su entorno natural); e) sin tratamiento previo (ensayo de germinación, inmediatamente antes de comenzar los tratamientos de posmaduración) (Adaptado de Washitani y Masuda, 1990). Las semillas **no dispersadas** solo fueron expuestas al tratamiento de posmaduración a campo por un período de 4 y 7 meses en bolsas de poliéster bajo las mismas condiciones que las semillas dispersadas.

### Ensayos de germinación

Los ensayos de germinación se realizaron a inicios de febrero de 2008 (test inicial) y a los 4 y 7 meses de posmaduración. En esta última instancia, se incluyeron en el test las semillas del banco natural.

El test de germinación utilizado es una modificación del test propuesto por Washitani (1987). Consistió en exponer a un grupo de semillas embebidas a incrementos graduales de temperatura de 4 °C en un rango de 4 a 36 °C (*régimen IT*) y a otro grupo a una disminución gradual de temperatura de la misma magnitud y dentro del mismo rango (*régimen DT*). Debido a que la tasa de germinación aumenta con la temperatura, la duración del período a temperatura constante fue variable. Las semillas permanecieron 7 días a 4 °C y 8 °C, 5 días a 12 °C y 16 °C, 4 días a 20 °C y 24 °C, 3 días a 28 °C, y 2 días a 32 y 36 °C (modificado de Washitani y Masuda, 1990, Kruk, 2002).

El número de semillas germinadas fue registrado inmediatamente antes de cada variación de temperatura y al finalizar el tratamiento. Las semillas germinadas fueron removidas inmediatamente después de la realización del conteo. El criterio de germinación considerado fue la protrusión de la radícula. Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una por cada régimen térmico (*IT* y *DT*). Al momento de la realización del test, las semillas se colocaron en cajas de Petri (9 cm de diámetro) con 3 capas de papel de filtro y 5 ml de agua destilada, percibiendo el fotoperíodo natural a través de la ventana de la cámara.

Luego de permanecer a 4 °C en el *régimen DT*, las semillas fueron expuestas a 25 °C durante una semana para dar lugar a que se exprese el efecto que podrían haber causado las bajas temperaturas sobre el nivel de dormición. Las semillas expuestas al *régimen IT*, luego de permanecer a 36 °C fueron sometidas a temperaturas alternadas (30 °C/12hs y 20 °C/12hs) durante una semana. Este régimen de alternancia térmica permitiría dar fin a la dormición secundaria que podría haber sido inducida por las altas temperaturas hacia el final del test (Washitani y Masuda, 1990).

Al finalizar cada ensayo de germinación, se realizó a las semillas remanentes en las cajas de Petri (semillas que no germinaron) un test de viabilidad por tetrazolio. El

porcentaje de semillas viables que germinaron al finalizar cada uno de los regímenes térmicos (*i.e.* régimen *DT* (4 °C) y régimen *IT* (36 °C) se definió como el "porcentaje final de germinación del régimen", mientras que el "porcentaje máximo de germinación" quedó definido como aquel alcanzado luego de exponer a las semillas al tratamiento de 25 °C o de alternancia térmica (30 °C/20 °C), respectivamente. Con esta metodología se obtuvieron curvas de germinación para cada categoría de semilla consideradas en función de la temperatura y de las condiciones de postmaduración.

### Análisis estadístico

En aquellos casos que se produjo germinación, el porcentaje final fue sometido a análisis de varianza, según un diseño factorial. Los factores de estudio fueron el régimen térmico (*IT* y *DT*) y el tratamiento de postmaduración. Para homogeneizar la varianza, los datos fueron transformados a raíz cuadrada y luego retransformados para su presentación. Las medias fueron comparadas mediante el test de Duncan  $\alpha < 0.05$ .

### Estimación de los parámetros de dormición y germinación a partir de resultados del test de germinación de regímenes de temperaturas ascendentes y descendentes

Utilizando las curvas obtenidas en el test de germinación de regímenes de temperaturas ascendentes y descendentes, se estimaron los parámetros que explican la dinámica de la entrada o salida de la dormición y la germinación, con el modelo matemático propuesto por Washitani (1987) y modificado por Kruk (2002), para las semillas **dispersadas** a campo y el **banco natural** de semillas recolectadas a los siete meses de postmaduración.

A través de este modelo se cuantificaron dos grupos de parámetros: 1) los que explican los cambios en el nivel de dormición de las semillas, *i.e.* temperatura del límite inferior (*Tl*) y temperatura del límite superior (*Th*) del rango permisivo para la germinación y dentro de ese rango, 2) los parámetros que describen la relación entre la tasa de germinación y la temperatura en semillas despiertas (*Tb*, *To*, *Tm*) y, tiempo térmico requerido para que germine el 50% de la fracción de semillas despiertas.

El modelo sostiene que: i) - las semillas sólo podrán germinar dentro de un rango de temperatura entre dos límites: un límite inferior de temperatura (*Tl*) y un límite superior de temperatura (*Th*), y que ambos límites no asumen un valor constante sino que varían entre las semillas de una misma población siguiendo una distribución normal. Dichos límites estarían describiendo el nivel de dormición de las semillas de la población, que no es igual para todos los individuos de la población sino que está distribuido normalmente.

La fracción de semillas que posee un límite inferior de temperatura para la germinación (*Fl*) por debajo de una temperatura dada (*T*), puede calcularse con la siguiente función de distribución:

$$Fl(T) = \int_{-\infty}^{(T - \mu_{Tl}) / \sigma_{Tl}} (1/\sqrt{2\pi}) \cdot \exp(-x^2/2) dx$$

donde  $\mu_{Tl}$  y  $\sigma_{Tl}$  son la media y la desviación standard de *Tl*.

Similarmente, la fracción de semillas que posee un límite superior de temperatura para la germinación ( $Fh$ ) por encima de una temperatura dada ( $T$ ) puede calcularse con la siguiente función de distribución:

$$Fh(T) = \int_{(T - \mu_{Th}) / \sigma_{Th}}^{\infty} (1 / \sqrt{2\pi}) \cdot \exp(-x^2/2) dx$$

donde  $\mu_{Th}$  y  $\sigma_{Th}$  son la media y el desvío standard de la temperatura  $Th$ .

Asumiendo que las distribuciones de  $Tl$  y  $Th$  son mutuamente independientes, la fracción de semillas germinables a una temperatura dada [ $Gt(T)$ ] es el producto de  $Ft(T)$  y  $Fh(T)$ , es decir:  $Gt(T) = Ft(T) \cdot Fh(T)$ .

La cuantificación de estos límites nos permite establecer el rango permisivo de germinación (que es una medida del nivel de dormición) para cada población en distintos momentos durante la posmaduración.

ii) - Dentro del rango permisivo para la germinación, el parámetro que caracteriza el comportamiento térmico de germinación de una población de semillas es la tasa de germinación ( $r$ ), definida como la recíproca del tiempo requerido para la germinación. Cuando la tasa de germinación ( $r$ ) varía linealmente con la temperatura, la relación entre  $r$  y temperatura se puede describir a través de dos ecuaciones lineales con cuatro parámetros: temperatura base ( $Tb$ ), temperatura óptima ( $To$ ), temperatura máxima ( $Tm$ ) y tiempo térmico requerido para que germine una determinada fracción de la población ( $\Theta_g$ ) expresado en [°Cdía]. La relación entre la tasa de germinación y la temperatura en el rango subóptimo se define con la siguiente ecuación:

$$r = 1/\Theta_{(g)} \cdot (T - Tb),$$

mientras que en el rango supraóptimo, la ecuación es la siguiente:

$$r = 1/\Theta_{(g)} (To - Tb) \cdot [(Tm - T) / (Tm - To)],$$

La distribución del tiempo térmico requerido para que se produzca la germinación dentro de una población de semillas despiertas puede describirse a través de la siguiente función de distribución:

$$Ft(\Theta) = 1 - [3D^{-3} (\Theta - m + D)^3 + 1]^{-1/2},$$

donde  $Ft(\Theta)$  es la germinación acumulada como función del tiempo térmico,  $m$  es la mediana de la distribución, *i.e.* el tiempo térmico requerido para que germine el 50% de la fracción germinable y  $D$  es el tiempo térmico diferencial para la germinación del 0 al 50% de la población, ambos expresados en [°Cdía]. También se asume que las distribuciones de  $Tl$ ,  $Th$  y  $\Theta$  son independientes entre sí.

Como resultado del modelo, el porcentaje de germinación acumulada ( $Gi$ ) al momento de cambio de temperatura desde  $ith$  a  $i+1th$  en el test de germinación puede aproximarse a la siguiente expresión:

$$G_0 = 0, \text{ para ambos regímenes,}$$

$$Gi = G_{i-1} + [Ft(Ti) \cdot Ft(h_i) - G_{i-1}] \cdot Fh(Ti) \text{ para el régimen IT, y}$$

$$G_i = G_{i-1} + [Fh(T_i) \cdot Ft(h_i) - G_{i-1}] \cdot Fl(T_i) \text{ para el régimen } DT$$

donde  $h_i$  es el tiempo térmico acumulado en el momento de cambio de temperatura de  $i$  a  $i+1$ .

Como se mencionó anteriormente, es necesario distinguir claramente los parámetros  $T_l$  y  $T_b$  en el rango de temperaturas subóptimo.  $T_l$  es un parámetro que caracteriza el nivel de dormición de las poblaciones de semillas e indica la temperatura del límite inferior del rango térmico permisivo para la germinación, mientras que  $T_b$  es la temperatura base a partir de la cual el tiempo térmico es acumulado una vez que la temperatura entra en ese rango permisivo. Similarmente, en el rango de temperatura supraóptimo,  $T_h$  (un parámetro que caracteriza la dormición) debe distinguirse de  $T_m$ . El modelo asume un valor de  $T_b$  único para toda la población e independiente del nivel de dormición mientras que  $T_l$  y  $T_h$  están distribuidos normalmente en la población.

Los valores de  $T_l$ ,  $\sigma_{T_l}$ ,  $T_h$ ,  $\sigma_{T_h}$ ,  $T_b$ ,  $T_o$ ,  $T_m$ ,  $m$  y  $D_\theta$  son los parámetros de entrada del modelo para ejecutar el programa. El programa relaciona las ecuaciones del modelo descrito previamente. Por consiguiente, los parámetros se obtuvieron modificando sus valores sistemáticamente hasta que la curva de germinación, que es el resultado de la simulación, se superponía con la curva de germinación obtenida para cada una de las condiciones del test de germinación.

### **Germinación de *U. panicoides* a temperaturas constantes: Estimación de la temperatura base y el Tiempo térmico**

Para complementar la información generada con la metodología antes descrita, se realizó un ensayo en el que semillas recolectadas de la superficie del suelo en agosto de 2008 (**banco natural**) fueron incubadas a temperaturas constantes de 9, 15, 25 y 34 °C. Hasta el momento de la realización del test de germinación, las semillas fueron conservadas en bolsas de papel con una temperatura media *ca.* 20 °C.

El 2 de junio de 2009 se colocaron 50 semillas en cajas de Petri de 9 cm de diámetro con 3 capas de papel de filtro y 5 ml de agua destilada. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Diariamente se realizaron conteos y posterior remoción de las semillas germinadas hasta no observarse germinación durante siete días consecutivos. Al finalizar el test, las semillas que no habían germinado a 9, 15 y 34 °C, fueron expuestas a 25 °C durante una semana, lo que permitiría la germinación de aquellas semillas que podrían no germinar a bajas o altas temperaturas debido a su temperatura del límite inferior o superior, respectivamente. Posteriormente, se realizó un test de tetrazolio a las semillas que no germinaron y se calculó el porcentaje de semillas viables que germinó en cada tratamiento.

El tiempo (días) en que se alcanza el 30, 50 y 70 % de germinación fue estimado para cada temperatura a través de regresión no lineal. La tasa de germinación de cada una de dichas fracciones fue graficada en función de la temperatura, quedando la temperatura base determinada por la intersección de las rectas con el eje x (Steinmaus et al., 2000).

### Análisis estadístico

Los porcentajes finales de germinación fueron sometidos a análisis de varianza, utilizando un modelo lineal mixto y las medias de los tratamientos fueron comparadas con el test LSD de Fisher (Infostat, 2008).

## **EXPERIMENTO A CAMPO**

### **Emergencia de la maleza en ambientes con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo.**

Para cumplimentar el cuarto objetivo propuesto en este capítulo, se realizó un experimento a campo modificando artificialmente la temperatura del suelo. Para ello, en agosto de 2008 se delimitaron zonas con alta infestación de la maleza en un lote de producción con cinco años de siembra directa, ubicado en la Estación experimental agropecuaria Manfredi (Córdoba; 31° 41' lat. Sur 63° 46' long oeste). El tipo de suelo fue un haplustol éntico (Serie Oncativo) profundo, bien drenado, de textura franco limosa con un contenido de materia orgánica del 2.5 % en el horizonte superficial y 6.5 de PH.

Las zonas seleccionadas tuvieron durante la campaña anterior solamente infestación de *U. panicoides*. Como el lote no había sido sembrado, la cobertura del suelo generada por los residuos de la maleza resultó muy elevada, siendo estos parcialmente retirados para reducir la cobertura del suelo a valores relativamente bajos (10%).

Los tratamientos consistieron en reducir la radiación solar incidente sobre el suelo, mediante mallas plásticas negras de diferente densidad, con la finalidad de disminuir la amplitud térmica del suelo, sin producir cambios en la calidad de la luz.

#### **Tratamientos:**

1. Suelo descubierto (testigo, sin malla plástica)
2. 70 % de radiación solar incidente sobre el suelo
3. 20 % de radiación solar incidente sobre el suelo

El diseño fue en bloques completos al azar con tres repeticiones, en donde cada zona seleccionada fue considerada un bloque. El 15 de septiembre de 2008 se colocaron dentro de cada bloque, túneles de estructura metálica de 1,5 m de largo, 1 m de ancho y 0,6 m de altura en el centro con una orientación Norte-Sur, sobre los cuales se dispusieron las mallas plásticas correspondientes, quedando de esta forma delimitadas las parcelas. La reducción de radiación que produjeron las mallas plásticas fue establecida por medio de un radiómetro (Cavadevices BAR-RAD 100) y un Data Logger para almacenar los datos. Para esto se midió la radiación solar al mediodía (entre las 12.00 y 13.00 hs.) por encima e inmediatamente debajo de las redes de sombreado en cada unidad experimental.

Durante los primeros 30 días del ensayo se realizaron conteos semanales y posterior remoción de las plántulas emergidas de *U. panicoides*. Luego, fueron

espaciados cada 20 días. Las unidades experimentales fueron regadas semanalmente con la finalidad de que la humedad no fuese un factor limitante para la germinación y emergencia de las plantas. La temperatura del suelo a 1 cm de profundidad fue registrada diariamente, en dos de las tres repeticiones de cada tratamiento, mediante sensores conectados a un data logger. Todas las mediciones fueron realizadas en una superficie de 1600 cm<sup>2</sup> (40 x 40 cm) en el centro de cada parcela.

La emergencia relativa acumulada (proporción de plantas emergidas en cada período en relación al total), fue modelada tomando como variable predictora el tiempo térmico ( $TT$ ) acumulado para cada fecha. Para ello, el  $TT$  (°Cdía) fue calculado como la sumatoria de la diferencia entre la temperatura media diaria del suelo (media aritmética de los registros horarios de temperatura de los data loggers) y la temperatura base (Ecuación 1) a partir del inicio del ensayo (15 de septiembre). Hasta ese momento, no se habían producido precipitaciones desde fines de otoño (Tabla A1, Anexo), por lo tanto, las semillas comenzaron a acumular tiempo térmico desde su imbibición con el primer riego.

$$TT = \sum_i^n (T_{med} - T_b) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde  $i$  es el día a partir del cual se acumula  $TT$  (15 de septiembre),  $n$  es el número de días en que los grados días (°Cdía) son calculados,  $T_{med}$  es la temperatura media del suelo y  $T_b$  la temperatura base.

En el tratamiento con suelo descubierto, el  $TT$  fue estimado a partir de dos temperaturas umbral o base i) 6 y ii) 13 °C; 13 °C fue estimada por Teuton et al. (2004) para un biotipo norteamericano de *Urochloa subquadripata* y posteriormente utilizada por Leguizamón et al. (2008) para *Urochloa platyphylla* en Manfredi, Argentina. La temperatura base de 6 °C, se estimó a partir de la información generada en nuestros ensayos con *U. panicoides* bajo condiciones controladas.

La relación entre el  $TT$  y la emergencia relativa acumulada fue adecuadamente descripta por una función Gompertz:

$$ERA = 100 \exp(-a \exp(-b TT)) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde ERA es la emergencia relativa acumulada para una determinada fecha,  $TT$  es el tiempo térmico acumulado y  $a$  y  $b$  son parámetros de forma. Mediante este modelo se estimó el tiempo térmico requerido para la emergencia del 25, 50 y 75 % del total de plantas emergidas durante la experiencia.

### Análisis estadístico

El número total de plantas emergidas en los diferentes tratamientos fue sometido a análisis de varianza y las medias comparadas mediante el test de Duncan (Infostat, 2008).

## RESULTADOS

### Comportamiento de las semillas de *U. panicoides* en el test de germinación de regímenes térmicos ascendentes y descendentes en función de las condiciones de postmaduración.

Previo al inicio de los tratamientos de postmaduración, las semillas presentaron una viabilidad mayor al 90 % y un alto nivel de dormición ya que no se observó germinación durante el test inicial (datos no presentados). Las semillas que permanecieron durante cuatro meses a 4 °C en condiciones húmedas, perdieron su viabilidad.

El nivel de dormición de las semillas **dispersadas** se mantuvo alto en todos los tratamientos luego de 4 meses de posmaduración (Fig. 2.4). En dicha instancia, sólo se produjo germinación de una pequeña fracción de las semillas **no dispersadas** al inicio del régimen *DT* (Fig. 2.4h).

No se presentó interacción entre regímenes de temperatura y tratamiento ( $P>0,05$ ) (Figs. 2.4g-h y 2.5). El porcentaje de germinación en el régimen *IT* fue menor que en el régimen *DT* (Fig. 2.6).

Luego de 7 meses, el nivel de dormición de las semillas **dispersadas** dependió del tratamiento de postmaduración. Las semillas almacenadas a 4 °C en condiciones secas permanecieron dormidas (Fig. 2.5a-b), por el contrario, una fracción de aquellas que permanecieron a 25 °C en seco y a campo (sobre la superficie del suelo) redujo su dormición (Figs. 2.5 c-f). En ambos tratamientos, la germinación se inició a 16 °C en el régimen ascendente (*IT*) y a 36 °C en el descendente (*DT*). Sin embargo, la postmaduración a 25 °C en seco no fue tan efectiva como la permanencia de las semillas a campo para reducir el nivel de dormición. Esto resultó en un mayor porcentaje de germinación de las semillas que permanecieron en el campo respecto de las que lo hicieron a 25 °C (Fig. 2.6). A su vez, la germinación de estas últimas fue más dispersa en ambos regímenes (Figs. 2.5c-d), lo que estaría relacionado con un mayor requerimiento térmico de las mismas.

Las semillas **no dispersadas**, en coincidencia con lo observado a los 4 meses de postmaduración, presentaron mayor porcentaje de germinación que las semillas **dispersadas** (Figs. 2.4g-h, 2.5 g-h, 2.6). Este material inició su germinación a 12 °C en el régimen *IT* (Fig. 2.5g).

El **banco de semillas natural** tuvo un comportamiento similar al de las semillas dispersadas a campo (Fig. 2.5 e-f, i-j). El porcentaje de germinación no difirió entre estos tratamientos (Fig. 2.6), no obstante, la germinación del banco natural se inició a 12 °C en el régimen ascendente (Figs. 2.5i).

En todos los tratamientos en que se produjo germinación, los principales flujos fueron a 16 °C, con excepción del banco natural, en el que la mayoría de las semillas germinaron a 12 °C.

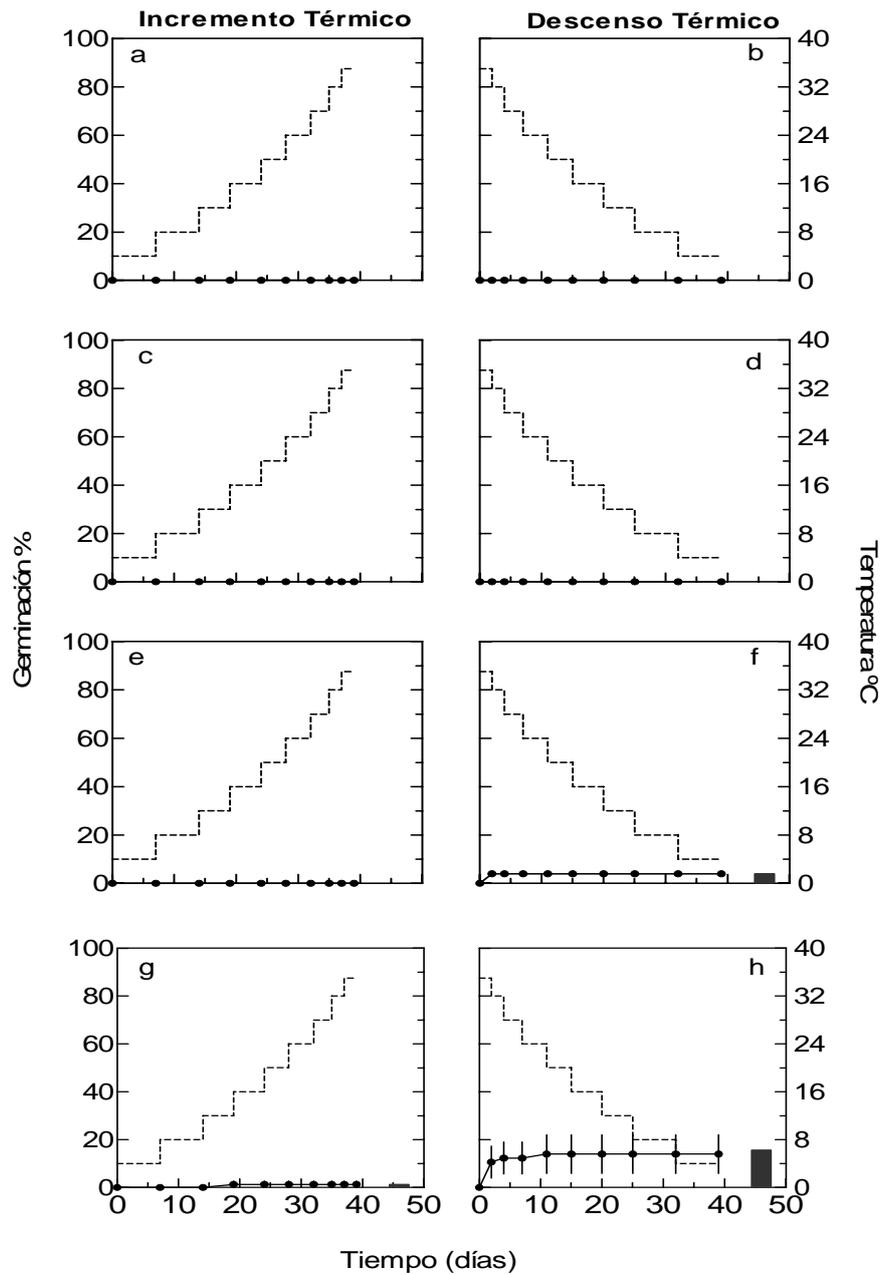


Figura 2.4: Comportamiento de semillas de *U. panicoides* luego de 4 meses de postmaduración en las siguientes condiciones. 4 °C en seco (a-b); 25 °C en seco (c-d); a campo, semillas dispersadas (e-f) y a campo, semillas no dispersadas (g-h). La línea punteada muestra la marcha de la temperatura. La línea entera representa el porcentaje de germinación acumulada. Las barras indican el porcentaje máximo de germinación luego de exponer las semillas a 20 °C (12hs)-30 °C (12hs) y 25 °C al finalizar el régimen IT y DT, respectivamente. Líneas verticales indican el error estándar. Panel izquierdo: incremento térmico (régimen IT); panel derecho: descenso térmico (régimen DT).

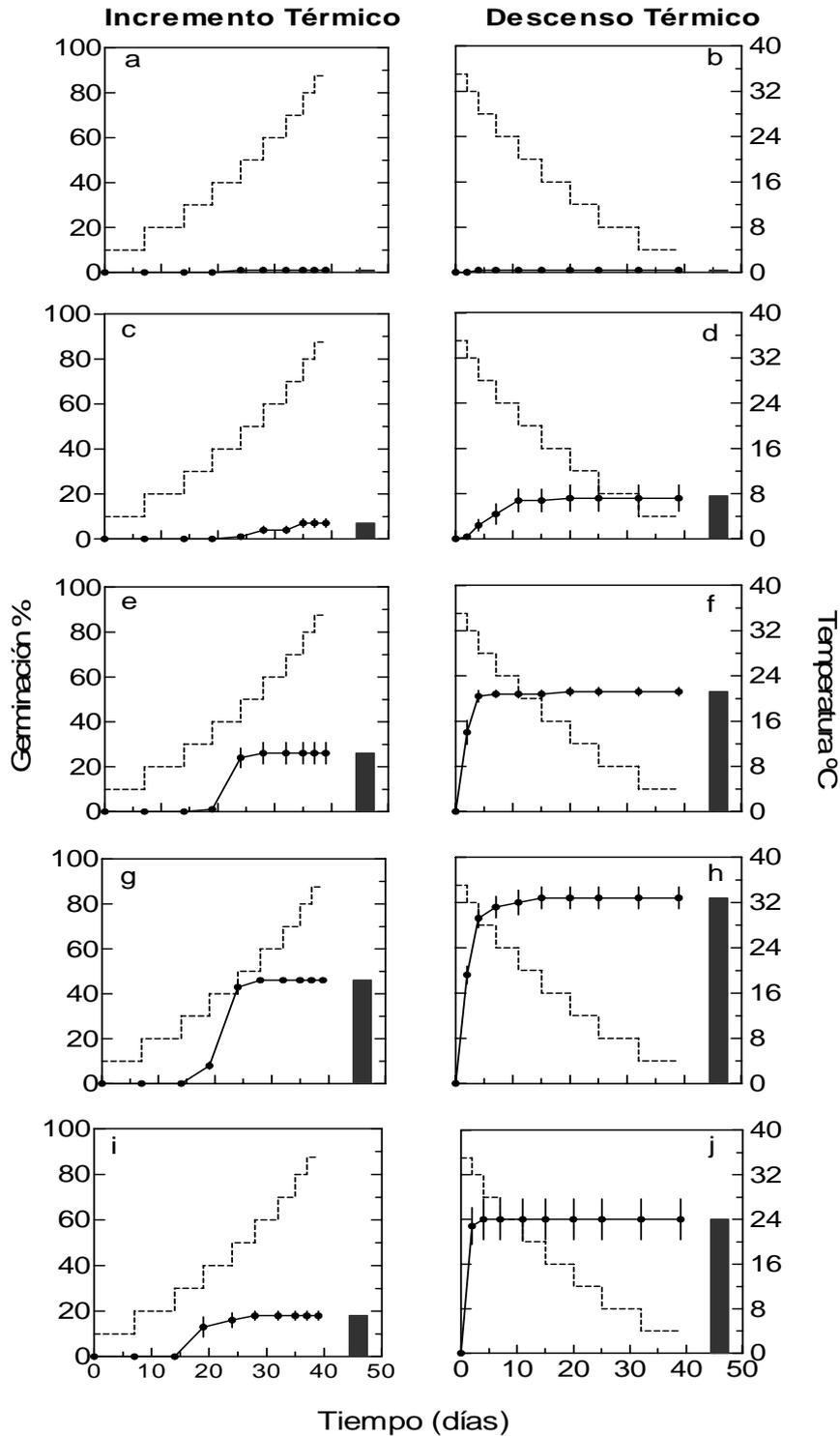


Figura 2.5: Comportamiento de semillas de *U. panicoides* después de 7 meses de postmaduración en las siguientes condiciones: 4 °C en seco (a-b); 25 °C en seco (c-d); a campo, semillas dispersadas (e-f); a campo, semillas no dispersadas (g-h) y Banco natural (i-j). La línea punteada muestra la marcha de la temperatura. La línea entera representa el porcentaje de germinación acumulada. Las barras indican el porcentaje máximo de germinación luego de exponer las semillas a 20 °C (12hs)-30 °C (12hs) y 25 °C al finalizar el régimen IT y DT, respectivamente. Líneas verticales indican el error estándar. Panel izquierdo: incremento térmico (régimen IT); panel derecho: descenso térmico (régimen DT).

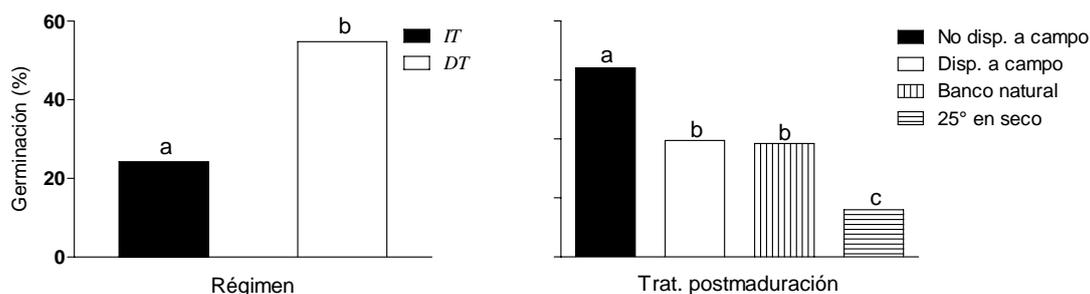


Figura 2.6: Porcentaje final de germinación a los 7 meses de la dispersión de las semillas, en el régimen de ascenso térmico (*IT*) y descenso térmico (*DT*) en promedio de los tratamientos de postmaduración (izquierda) y en los diferentes tratamientos de postmaduración en promedio de ambos regímenes térmicos (derecha). Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Duncan  $P < 0,05$ .

### Germinación del banco natural de semillas a temperaturas constantes

El porcentaje de semillas despiertas fue similar al observado en el test de germinación a los 7 meses de postmaduración (Figs. 2.5j y 2.7), lo que indicaría que el nivel de dormición de esta población de semillas se mantuvo estable.

La tasa de germinación se incrementó con la temperatura (Fig. 2.8). Luego de dos días de incubación a 34 °C, el 90 % de las semillas despiertas germinó, completándose la misma en seis días. La germinación de las semillas incubadas a 9 °C se inició a los siete días y fueron necesarios 30 días para completar dicho proceso (Fig. 2.7). El porcentaje de germinación fue mayor a 25 °C que a 9 y 15 °C ( $P < 0.05$ ), sin embargo esta diferencia no fue de gran magnitud (Fig. 2.7). La germinación a 34 °C no presentó diferencias significativas de lo registrado a 25 °C.

La temperatura base fue estimada en 6 °C (Fig. 2.8) y el tiempo térmico requerido para el 30, 50 y 70 % de germinación (inversa de la pendiente) fue de 25, 30 y 36 °Cdía respectivamente. La tasa de germinación para el percentil 30 a una temperatura de 34 °C no pudo ser estimada, debido a que al momento del primer recuento (24 hs del inicio del ensayo) el porcentaje de germinación fue superior al 30 %.

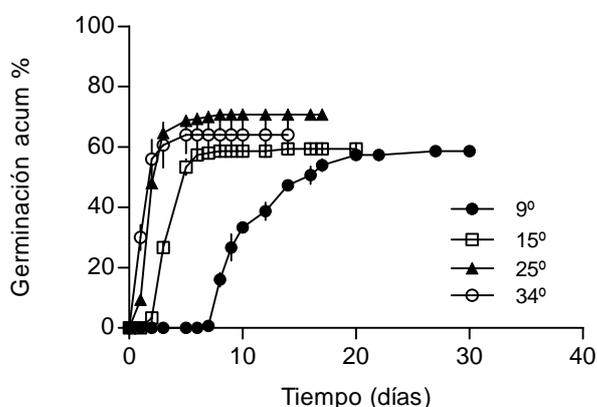


Figura 2.7: Germinación acumulada de semillas *U. panicoides* incubadas a diferentes temperaturas. Las líneas verticales indican el error estándar.

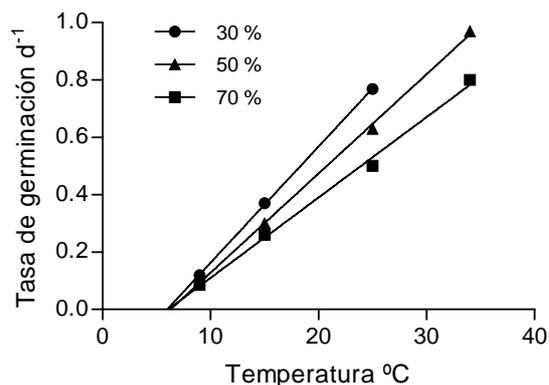


Figura 2.8: Relación entre la tasa de germinación de *U. panicoides* y la temperatura de incubación. Los datos presentados corresponden a los percentiles de germinación 30, 50 y 70.

### Cuantificación de los parámetros que describen el comportamiento térmico y explican la dinámica de la germinación.

La dinámica de germinación obtenida en los ensayos de ascenso y descenso térmico, para las semillas dispersadas a campo (7 meses de postmaduración) y el banco natural, pudo reproducirse con el modelo propuesto por Washitani (1987) y modificado por Kruk y Benech-Arnold, (1998) (Fig. 2.9).

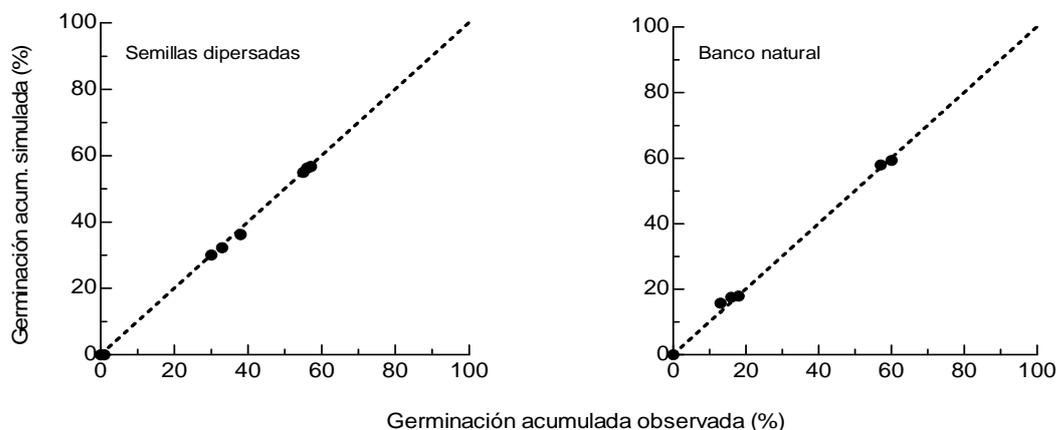


Figura 2.9: Porcentaje de germinación de *U. panicoides* observado en el test de germinación y el porcentaje de germinación simulado por el modelo. La línea recta indica relación 1:1.

Ambas poblaciones de semillas presentaron la misma temperatura base ( $T_b = 6$  °C), temperatura óptima ( $T_o = 35$  °C) y temperatura máxima ( $T_m = 45$  °C). El rango de temperaturas permisivo para la germinación fue establecido entre  $9 \pm 1$  °C ( $T_l$ ) y  $45 \pm 0,5$  °C ( $T_h$ ) para ambas poblaciones. El tiempo térmico requerido para que germine el 50 % de la población de las semillas despiertas ( $TT_{50}$ ) fue de  $55$  °Cdía y  $D = 5$  °Cdía ( $TT$  diferencial para la germinación del 0 al 50 % de la población) en las semillas dispersadas. El banco natural tuvo un menor requerimiento térmico con valores de  $27$  °Cdía y  $2$  °Cdía para  $TT_{50}$  y  $D$  respectivamente.

### Emergencia de *U. panicoides* en ambientes con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo.

La reducción de la radiación solar incidente sobre el suelo, produjo cambios en el ambiente térmico del mismo. La temperatura media del suelo fue similar en los tratamientos con sombreado, siendo mayor la temperatura del suelo descubierto (Fig. 2.10). Los tratamientos con 70 y 20 % de radiación incidente sobre el suelo, tuvieron menor amplitud térmica que el suelo descubierto (Fig. 2.11). Las diferencias se debieron a variaciones en la temperatura máxima diaria, siendo las temperaturas mínimas similares en todos los tratamientos. Las diferencias de amplitud térmica y temperatura media entre el suelo descubierto y el resto de los tratamientos, fue mayor en el mes de noviembre (Figs. 2.10 y 2.11).

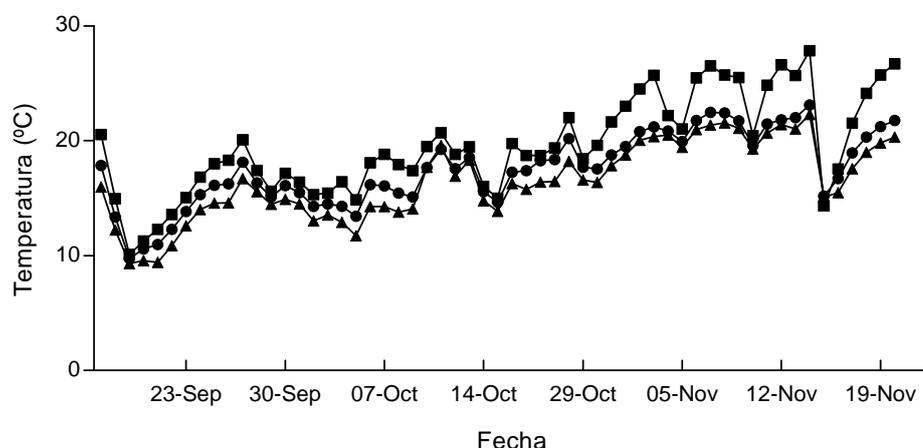


Figura 2.10: Temperatura media diaria del suelo en los diferentes tratamientos durante el período en que se produjo emergencia de la maleza (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).

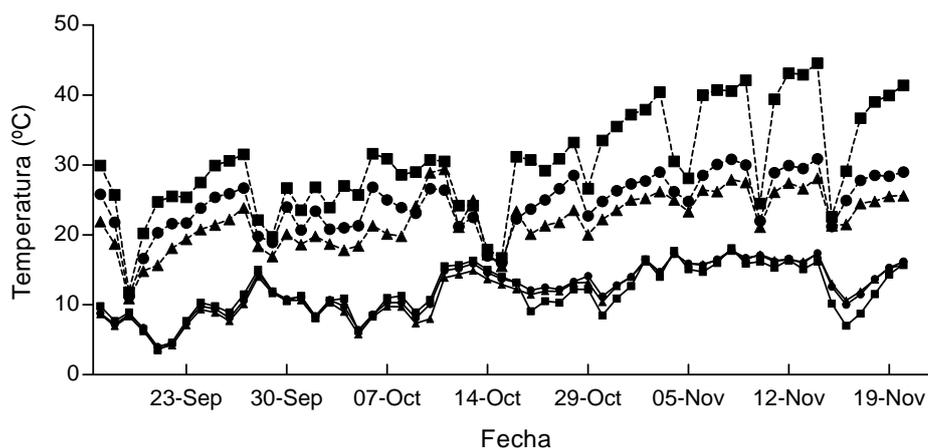


Figura 2.11: Temperaturas máximas (líneas punteadas) y mínimas (líneas llenas) diarias del suelo registradas en los diferentes tratamientos durante el período en que se produjo emergencia de la maleza (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).

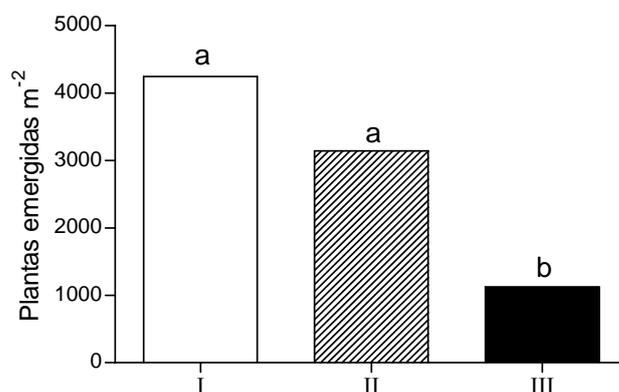


Figura 2.12: Número de plantas emergidas de *U. panicoides* en parcelas con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo. I = suelo descubierto; II = 70 % y III = 20 % de radiación solar incidente. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Duncan  $P < 0.05$ .

El número de plantas emergidas de la maleza, se redujo en los tratamientos con sombreado (Fig.2.12). La disminución del 80 y 30 % de la radiación incidente sobre el suelo, redujo un 74 y 27 % respectivamente el número de plantas emergidas, no obstante el tratamiento con menor sombreado no se diferenció estadísticamente del testigo debido a la variabilidad natural del banco de semillas. Se registraron nacimientos desde principios de octubre a mediados de noviembre, sin embargo más del 80 % de las plantas emergieron durante la primer quincena de octubre, con el mayor flujo hacia mediados de este mes (Fig. 2.13). Si bien el número de plantas registrado en cada fecha dependió del tratamiento, el patrón de emergencia se mantuvo estable (Fig. 2.13). Por lo tanto, la emergencia relativa acumulada (i.e. número de plantas emergidas en cada fecha y tratamiento expresada como porcentaje del total emergido en cada uno de ellos), no fue modificada por el nivel de sombreado impuesto (Fig 2.14-A). Cuando el número de individuos emergidos en cada fecha y tratamiento fue relativizado al total emergido en el suelo descubierto (población total de semillas con potencial de germinar), los valores se ajustaron a una misma función (Ecuación 2), dentro de la cual las semillas que emergieron en condiciones de menor amplitud térmica correspondieron a fracciones de la población con menor requerimiento térmico. (Fig. 2.14-B).

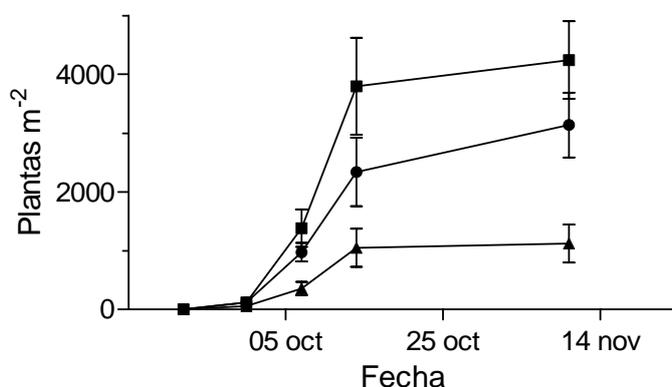


Figura 2.13: Emergencia acumulada de *U. panicoides* en parcelas con diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).

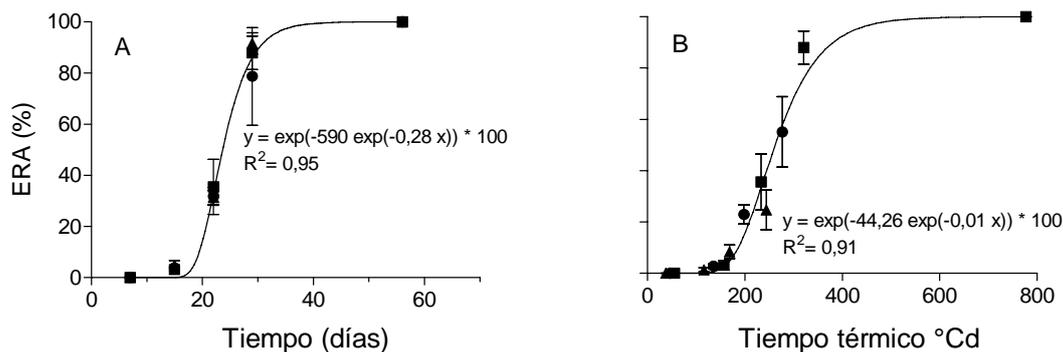


Figura 2.14. (A) Emergencia de *U. panicoides* en cada tratamiento relativa al total emergido en cada uno de ellos, en función de los días desde el inicio del ensayo. (B) Emergencia de *U. panicoides* en cada tratamiento relativa al total emergido en el suelo descubierto en función del tiempo térmico acumulado ( $T_b$ : 6 °C) (cuadrados: suelo descubierto; círculos: 70 % de radiación incidente; triángulos: 20 % de radiación incidente).

Cuando la emergencia relativa acumulada del suelo descubierto fue graficada en función del tiempo térmico, estimado a partir de la  $T_b$  obtenida en nuestros ensayos (6 °C) y a partir de la obtenida por Teuton et al. (2004) para *Urochloa subquadripara* (13 °C), los parámetros del modelo (Ecuación 2) difirieron ( $P < 0.05$ ). El tiempo térmico necesario para que emerja una determinada fracción (g) de la población, varió en función de la  $T_b$  utilizada para el cálculo (Fig 2.15).

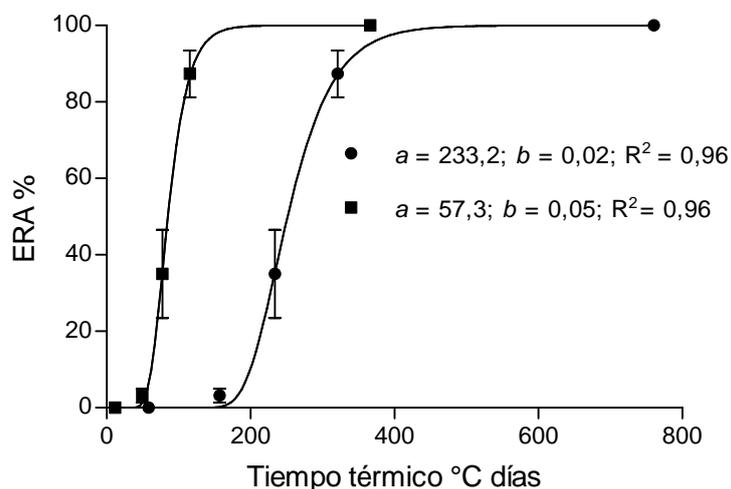


Figura 2.15: Emergencia relativa acumulada en función del tiempo térmico (círculos: Temperatura base 6 °C; cuadrados:  $T_b$  13 °C).

## DISCUSIÓN

El menor nivel de dormición que presentaron las semillas que permanecieron en el campo a la salida del invierno, respecto del momento de su dispersión y a los 4 meses de postmaduración (Figs. 2.4e-h y 2.5e-h), no estuvo relacionada a las bajas temperaturas invernales. Por el contrario, la incubación de las semillas a temperaturas de 4 °C indujo la dormición de las mismas. Asimismo, las bajas temperaturas al inicio del régimen ascendente indujeron dormición a una fracción de las semillas (Figs. 2.4g y 2.5c-e-g-i). Este estado fisiológico no pudo ser revertido por la exposición de las mismas a temperaturas alternadas hacia el final del test. Por otro lado, altas temperaturas no indujeron dormición secundaria, como se puede observar en el régimen descendente de la Fig. 2.5j y en el porcentaje de germinación a temperaturas constantes de 34 y 25 °C (Fig. 2.7), obteniéndose valores similares entre estos tratamientos. Kruk y Benech-Arnold, (1998) observaron un comportamiento similar en semillas de *Portulaca oleracea*, con los mismos tratamientos de postmaduración y test de germinación que los utilizados en nuestra experiencia (i.e. altas temperaturas no indujeron dormición en esta especie sino que disminuyeron el nivel de dormición.).

Las semillas requirieron un período de postmaduración mayor a 4 meses para disminuir el nivel de dormición. En coincidencia, semillas de *U. subquadripara* incrementaron su germinación con el tiempo desde su recolección (Teuton et al., 2004). Esto pone de manifiesto el requerimiento de un período de postmaduración mínimo a partir del cual el nivel de dormición dependerá de las condiciones ambientales. Si al transcurrir dicho período las semillas se encuentran expuestas a bajas temperaturas (4 °C) por períodos prolongados, éstas permanecerán en estado de dormición (Figs. 2.5a-b). Por el contrario, temperaturas moderadas (25 °C) favorecerán la salida de dormición (Figs. 2.5c-d), siendo más efectivas las condiciones térmicas presentes en el campo a la salida del invierno (Figs. 2.5e-f). La menor efectividad del almacenamiento a 25 °C para reducir el nivel de dormición podría deberse a que en el campo las semillas están expuestas a temperaturas alternadas. La baja efectividad de ambientes con baja amplitud térmica para favorecer la salida de dormición se puso de manifiesto en el comportamiento observado en semillas expuestas a diferentes niveles de radiación solar incidente sobre el suelo (Fig. 2.12).

El requerimiento de un período de postmaduración mínimo (mayor a 4 meses), evitaría que las semillas germinen durante la misma estación en que se desarrollaron y se dispersaron. Por otro lado, el aumento del nivel de dormición que se observa a bajas temperaturas, permitiría a una fracción de la población de semillas postergar su germinación y emergencia hasta que las condiciones ambientales sean favorables para la supervivencia de las plántulas. La proporción de semillas inducida a dormición secundaria por efecto de bajas temperaturas, dependería del tiempo que permanecen expuestas a dicha condición. Por ejemplo, la exposición de las semillas a bajas temperaturas al inicio del régimen ascendente indujo dormición solo a una fracción de la población, mientras que la postmaduración a 4 °C en seco por un período prolongado, provocó la dormición en la totalidad de la población (Fig. 2.5).

Durante los meses de invierno no se produjeron precipitaciones (Tabla A.1, Anexo), por lo tanto las semillas en el campo permanecieron en un ambiente seco. No obstante, durante dicho período, el nivel de dormición se redujo al igual que en las semillas almacenadas a 25 °C en seco. En la zona de estudio, la salida de dormición bajo condiciones de sequía, sería un requerimiento ecológico indispensable en semillas de

malezas de ciclo primavero-estival, debido al régimen de precipitaciones de tipo monzónico con escasas precipitaciones durante el invierno (Tabla A.1, Anexo).

Las semillas dispersadas y las del banco natural, luego de permanecer en el campo hasta el mes de agosto, iniciaron su germinación cuando la temperatura en el régimen ascendente fue de 16 y 12 °C respectivamente. El inicio de la germinación estuvo condicionado por la acumulación de tiempo térmico de las semillas, ya que la *Tb* y *Tl* de ambas poblaciones coincidieron, con un valor estimado de 6 y 9 °C respectivamente. La *Tb* obtenida con el modelo de Washitani (6 °C), coincidió con la estimada a través de la tasa de geminación, no observándose variación intrapoblacional para las fracciones estudiadas en este parámetro (Fig. 2.8). Esto indica que el supuesto de una *Tb* única para toda la población asumido con el modelo de Washitani es correcto para la especie en estudio.

Los porcentajes de germinación a temperaturas constantes fueron altos en todos los tratamientos (Fig. 2.7). La germinación fue levemente inferior a 9 y 15 °C como consecuencia del aumento del nivel de dormición que se puso en evidencia por la falta de respuesta en la germinación cuando fueron expuestas a 25 °C. Por lo tanto, la germinación no estuvo limitada en ninguna fracción de la población de semillas por la *Tl*.

*U. panicoides* presentó una rápida emergencia a partir de la imbibición de sus semillas (Fig. 2.13), lo que coincide con los resultados obtenidos por Leguizamón et al. (2008) para *U. plathyphylla* en la misma localidad (Manfredi). La rápida emergencia de *U. panicoides* estuvo relacionada a su baja temperatura base, ya que el tiempo térmico requerido para alcanzar un determinado porcentaje de emergencia fue similar al de otras malezas gramíneas (Leguizamón et. al., 2008). El menor requerimiento térmico de *U. plathyphylla* respecto de *U. panicoides* reportado por Leguizamón et al. (2008), podría deberse a que el mismo fue estimado con una *Tb* de 13 °C obtenida por Teuton et. al. (2004), para un biotipo norteamericano de *U. subquadripara*. Cuando se utilizó esta temperatura base para el cálculo de tiempo térmico de *U. panicoides*, los requerimientos en °C día se redujeron en gran medida (Fig 2.15).

La rápida emergencia de *U. panicoides* durante la primavera a partir de la imbibición de sus semillas le conferiría una alta habilidad competitiva con los cultivos y otras especies malezas. Por otro lado, en lotes de maíz con una alta infestación de esta especie, el control logrado con herbicidas preemergentes podría no ser suficiente para evitar las pérdidas de rendimiento del cultivo y mantener la densidad poblacional en niveles aceptables.

La emergencia de *U. panicoides* se redujo significativamente en las porciones de suelo que recibieron sólo el 20 % de la radiación solar incidente (Fig 2.12). El número de plantas también resultó menor en las parcelas con 70 % de radiación incidente, no obstante este tratamiento no se diferenció estadísticamente del testigo. Debido a que la calidad de luz no es modificada por las mallas plásticas y a que el agua no fue un factor limitante, las diferencias observadas serían el resultado de la menor amplitud térmica en los tratamientos con sombreado (Fig. 2.11). Theisen et al. (2000) obtuvieron una reducción exponencial del número de plantas de *Brachiaria plantaginea* con residuo vegetal de *Avena strigosa* y sugirieron que dicha reducción podría ser la causa de la menor amplitud térmica del suelo. Respuestas similares a las obtenidas en estas experiencias

han sido observadas en otras especies (Benech-Arnold et al., 1988; Faccini y Vitta, 2007).

Estos resultados sugieren que prácticas de manejo como la siembra de cultivos de cobertura y la rotación con cultivos que aporten grandes cantidades de rastrojo y reduzcan la amplitud térmica del suelo, disminuirían la emergencia de plantas y podrían complementar el control de esta especie con herbicidas. No obstante, el efecto de la cobertura de residuos vegetales sobre la emergencia de malezas es complejo. Factores como el tipo y cantidad de residuos, la posición de las semillas en el perfil del suelo y las condiciones ambientales, pueden afectar el resultado. La presencia de rastrojo de maíz en sistemas de siembra directa, en muchas situaciones redujo el número de plantas de malezas emergidas, respecto de parcelas sin cobertura (Buhler et al., 1996). La única situación en la cual la presencia del rastrojo de maíz incrementó la emergencia fue en *Setaria faberi* durante una campaña con escasas precipitaciones en dicho período. En estas condiciones la presencia de residuos en superficie crearía condiciones más favorables para el establecimiento de esta maleza.

La dinámica de emergencia de la maleza no fue afectada por los tratamientos impuestos (Fig. 2.13). Por el contrario, en otros trabajos se ha reportado un retraso en la emergencia de malezas con el incremento de la cobertura de rastrojo. Buhler et al. (1996) estudiaron el efecto de residuos de maíz en la emergencia de cuatro especies de malezas. En dicho estudio, el tiempo en días a 50 % de emergencia tendió a ser mayor en suelos con rastrojo en superficie. Esta respuesta podría estar relacionada a una menor temperatura del suelo y al mayor tiempo requerido por las plántulas para emerger a través de los residuos (Buhler et al. (1996). La diferencia entre estos resultados y los hallados en *U. panicoides* podría deberse al tiempo requerido por las plántulas para emerger a través del rastrojo. En nuestro experimento, la temperatura del suelo fue modificada mediante mallas plásticas, permaneciendo el suelo con una escasa cobertura de residuos vegetales.

## CAPITULO III

### EFFECTO DE ATRAZINA Y METOLACLOR SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DE *U. PANICOIDES*

#### INTRODUCCIÓN

Especies del género *Brachiaria* o *Urochloa* han sido citadas por la dificultad en su control con los herbicidas preemergentes utilizados en maíz (Johnson y Coble, 1986, Adkins et al, 1997). Atrazina en mezcla con amidas (alaclor, metolaclor, acetoclor, etc.), son los herbicidas comúnmente utilizados en este cultivo. Sin embargo, en lotes de maíz con una baja presión de malezas gramíneas, la aplicación de atrazina sola es una práctica frecuente (observación personal). Este herbicida generalmente es aplicado al suelo, absorbiéndose por las raíces y traslocándose por el apoplasto con la corriente transpiratoria hacia las hojas y demás órganos verdes donde actúa. La atrazina es más efectiva en el control de malezas de hoja ancha que en gramíneas y requiere ser movilizadas hasta la zona de germinación y crecimiento radicular por medio de una lluvia, riego o incorporación mecánica. Las amidas se utilizan como graminicidas y actúan durante el proceso de germinación y/o brotación, inhibiéndolo, no siendo efectivos sobre plantas ya emergidas. Se aplican al suelo en preemergencia, absorbiéndose principalmente por el coleoptilo. Requieren de una lluvia, riego o incorporación mecánica posterior a su aplicación para poder actuar (Faya de Falcón y Papa, 2001).

A comienzos de la década del '80, la rápida expansión de *B. platyphylla*, en el sudeste de Estados Unidos fue atribuida a su tolerancia al herbicida alaclor (Johnson y Coble, 1986). Estos autores trabajando con *Digitaria sanguinalis* y *B. platyphylla* en un estudio de tres años, encontraron que esta última especie se transformó en la maleza dominante cuando se utilizaron los programas tradicionales de herbicidas, debido a su tolerancia al herbicida alaclor. Sin embargo en otras experiencias se han obtenido controles adecuados de esta especie con los herbicidas preemergentes comúnmente utilizados (alaclor, metolaclor, acetoclor) (Chamblee et al., 1982a; Muller y Hayes, 1997; Norsworthy y Frederick, 2005). Por otro lado, en Australia se han reportado biotipos de *U. panicoides* con un alto grado de resistencia a atrazina (Adkins et al., 1997).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el objetivo de esta experiencia fue determinar la eficacia de atrazina y metolaclor, herbicidas frecuentemente aplicados en maíz, sobre el establecimiento de *U. panicoides*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la susceptibilidad de *U. panicoides* a atrazina y metolaclor se realizaron en el 2008, dos ensayos de dosis respuesta en la estación experimental agropecuaria de Manfredi (Córdoba) (Lat.: 31° S, long: 63° O). Se utilizaron macetas de 15 cm de diámetro y 12 cm de altura, con un sustrato de tierra y perlita en una relación volumétrica de 2:1. En cada maceta se sembró 0,4 gr de semillas de *U. panicoides* a 2 mm de profundidad, estableciéndose en el testigo una densidad promedio de 77 plantas por maceta (equivalente a 4375 planta m<sup>-2</sup>). El diseño fue completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

En la primera experiencia se realizaron aplicaciones de atrazina (0,45; 0,90; 1,80; 2,70 y 3,60 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) y metolaclor (0,24; 0,48; 0,96; 1,92; 2,88 y 3,84 kg. i.a ha<sup>-1</sup>), siendo las dosis recomendadas 1,80 kg i.a. ha<sup>-1</sup> para atrazina y 0,96 kg i.a. ha<sup>-1</sup> para metolaclor. En el segundo experimento, se evaluó la respuesta a atrazina a las siguientes dosis (0,45; 0,90; 1,80; 3,60 y 7,20 kg. i.a. ha<sup>-1</sup>). Debido a la alta susceptibilidad que presentó *U. panicoides* al herbicida metolaclor en el ensayo de dosis respuesta, la experiencia fue repetida solo a la dosis de marbete del producto.

Luego de la aplicación, las macetas se regaron con 350 cm<sup>3</sup> de agua (equivalente a 20 mm) para incorporar los herbicidas y se colocaron en bandejas en invernáculo. El agua fue suministrada a las bandejas donde se encontraban las macetas, favoreciendo su ascenso por capilaridad. A los 30 días de la aplicación (DDA) se determinó el número de plantas emergidas en cada maceta y su biomasa aérea. Para esto, el material fue cortado al nivel del suelo y secado en estufa a 80 °C durante 48 hs. El número de plantas y la biomasa fueron expresados como porcentaje del testigo sin herbicida (supervivencia y biomasa relativa). Se realizaron regresiones entre la dosis de atrazina, la supervivencia de plantas y la biomasa relativa.

## RESULTADOS

*Urocloa panicoides* presentó alta susceptibilidad al herbicida metolaclor. Ningún individuo logró sobrevivir a la dosis recomendada (i.e. 0,96 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) o mayores en ambas experiencias, por lo tanto solo se presentan los resultados de las dosis inferiores a la misma (Fig. 3.1).

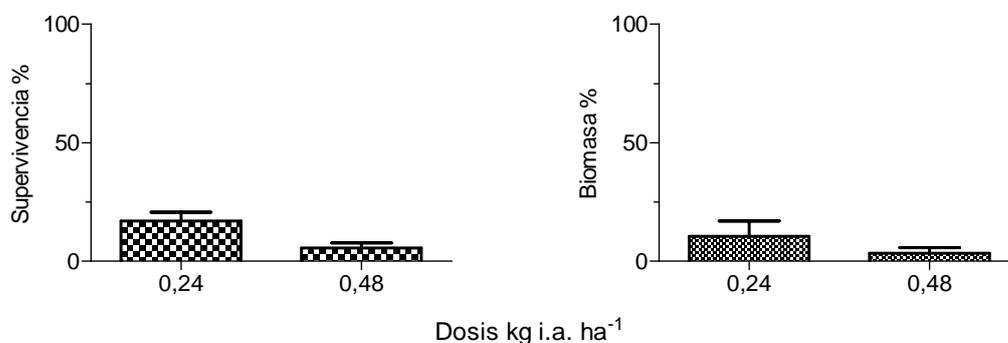


Figura 3.1: Efecto de metolaclor sobre el número de plantas (supervivencia) y biomasa en porcentaje del testigo de *U. panicoides* a los 30 días después de la aplicación.

La supervivencia de plantas disminuyó en forma lineal con la dosis de atrazina en el primer ensayo ( $P= 0.002$ ), sin embargo la biomasa no estuvo relacionada con la dosis de este herbicida ( $P= 0.62$ ; Fig. 3.2). En el segundo ensayo no hubo relación entre la dosis de atrazina y las variables medidas (Fig. 3.3)

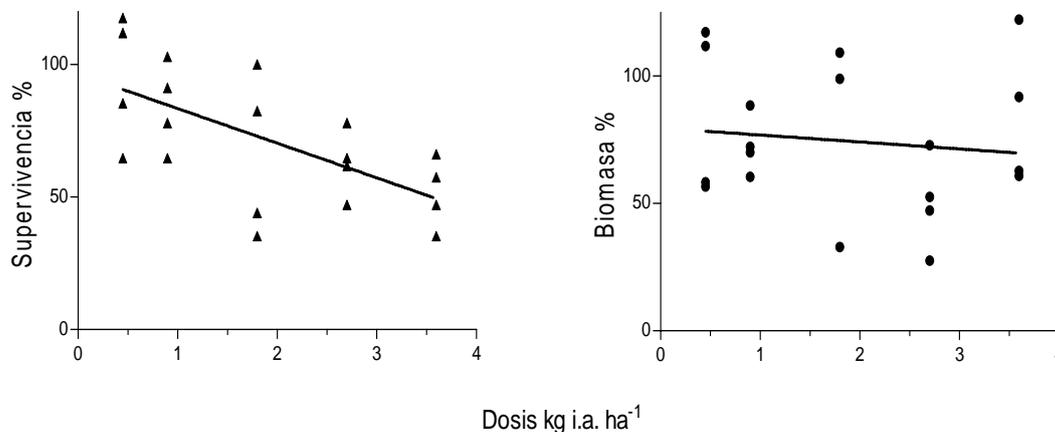


Figura 3.2. Supervivencia de plantas (panel izquierdo) y biomasa en porcentaje del testigo (panel derecho) de *U. panicoides* en función de la dosis de atrazina aplicada durante la primera experiencia. Las ecuaciones ajustadas son  $\blacktriangle$  Supervivencia  $\% = 96,4 - 13,07 X$ ,  $R^2 = 0,40$ ;  $y$ ,  $\bullet$  Biomasa  $\% = 79,6 - 2,72 X$ ,  $R^2 = 0,01$

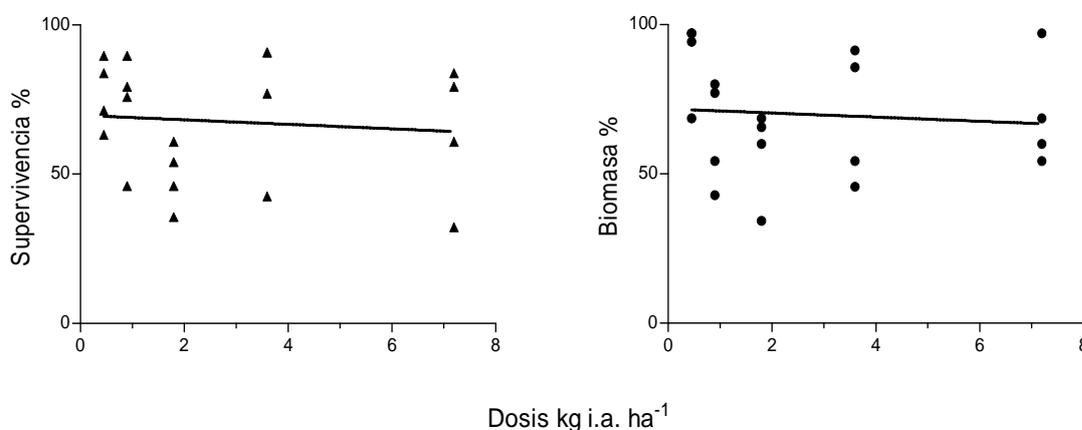


Figura 3.3: Supervivencia de plantas (panel izquierdo) y biomasa en porcentaje del testigo (panel derecho) de *U. panicoides* en función de la dosis de atrazina aplicada durante la segunda experiencia. Las ecuaciones ajustadas son  $\blacktriangle$  Supervivencia  $\% = 69,75 - 0,75 X$ ,  $R^2 = 0,009$  y  $\bullet$  Biomasa  $\% = 71,78 - 0,69 X$ ,  $R^2 = 0,007$

## DISCUSIÓN

En las condiciones de estos experimentos (i.e. en maceta y con riego controlado), *U. panicoides* fue controlada en su totalidad con el herbicida metolaclor a la dosis recomendada o mayores. No obstante, el nivel de control logrado podría variar en otras condiciones ambientales. Mueller y Hayes (1997), en condiciones de campo,

obtuvieron controles de *B. platyphylla* superiores al 80 % en maíz por un período de 4 semanas con dosis de 2,2 kg i.a. ha<sup>-1</sup> de metolaclor.

Si bien los valores de biomasa y número de plantas promedio resultaron inferiores en los tratamientos con el herbicida atrazina que en el testigo (Figs. 3.2 y 3.3), la maleza presentó alta tolerancia a este herbicida. Aún cuando la dosis aplicada fue el doble o cuatro veces superior a la recomendada, la biomasa media fue 84 % y 70 % respecto del testigo. Estos resultados coinciden con los reportados por Adkins et al. (1997) para biotipos de *Urochloa panicoides* resistentes a atrazina en Australia. En dicho trabajo un biotipo fue considerado resistente si la supervivencia de plantas y biomasa relativa al testigo eran al menos 50 % y 80 % respectivamente, a la dosis recomendada de atrazina (1,8 kg i.a ha<sup>-1</sup>). El grado de resistencia (**GR**<sub>50</sub>) fue estimado para uno de los biotipos que fueron considerados resistentes, requiriendo una dosis 20 veces superior a la del biotipo susceptible para reducir su biomasa en un 50 %.

Estudios comparativos realizados en Manfredi con *Digitaria sanguinalis* (gramínea de gran importancia en la zona de estudio) y *U. panicoides* bajo condiciones controladas, demostraron que esta última es menos susceptible a la atrazina, pero que no existen diferencias entre especies cuando se tratan con metolaclor (Ustarroz y Puricelli, 2010). Estos estudios indican que la utilización de atrazina como único herbicida en cultivos de maíz o sorgo, podría favorecer la presencia de *U. panicoides* en la comunidad de malezas.

## CAPITULO IV

### DEMOGRAFÍA DE *U. PANICOIDES* EN CULTIVOS DE MAÍZ Y SOJA

#### INTRODUCCIÓN

Soja y maíz son los cultivos agrícolas de mayor importancia en la provincia de Córdoba, representando entre ambos el 90 % de la superficie sembrada en la campaña 2009-2010 (MAGyA, 2010). Especies del género *Brachiaria* han sido citadas como malezas importantes en estos cultivos (Voll et al., 1995; Burke et al., 2003; Alford et al., 2005). Por ejemplo, *B. platyphylla* ha sido reportada como una especie de difícil control con los herbicidas preemergentes utilizados en maíz (Johnson y Coble, 1986; Adkins et al., 1997). Muller y Hayes (1997), obtuvieron control de *B. platyphylla* superior al 80 % por un período aproximado de 4 semanas, con la aplicación de amidas en siembra directa de maíz. Si bien un 80 % de control se considera aceptable a los fines de reducir las pérdidas de rendimiento ocasionadas por las malezas, los individuos que escapan al tratamiento herbicida podrían reponer el banco de semillas. Estos antecedentes sugieren que esta especie podría perpetuarse a través de los individuos que escapan a los herbicidas residuales utilizados en este cultivo y logran producir descendencia. Resultados similares podrían ser esperados en *U. panicoides*, sin embargo, otros factores como la dinámica de emergencia de las malezas y su relación con la fecha de siembra de los cultivos y la aplicación de herbicidas, pueden explicar su perpetuación en los sistemas cultivados (Puricelli y Tuesca, 2005; Scursoni et al., 2007).

Para entender los procesos que regulan el tamaño de las poblaciones, es necesario estudiar la demografía y la dinámica de las mismas (Sagar y Mortimer, 1976). Como se describió en el Capítulo 1, dichos estudios consisten en determinar el número de individuos que componen las distintas clases de edad existentes dentro de la población. A partir de esta determinación, es posible calcular la proporción de individuos dentro de una clase de edad que pasa a la siguiente e identificar los procesos demográficos que resultan particularmente críticos en la regulación del crecimiento de la población. En el ciclo de una especie anual, la germinación y emergencia de los individuos, su supervivencia y fecundidad, son procesos demográficos claves en su regulación poblacional (Fernandez-Quintanilla et al., 1991). La presencia de los cultivos y la aplicación de herbicidas pueden afectar dichos procesos (Fernández-Quintanilla et al., 1987; Schmenk y Kells, 1998; Scursoni et al., 1999; Kruk et al., 2006). El canopeo de los cultivos puede reducir la amplitud térmica del suelo y la relación R:RL debajo de los mismos (Benech-Arnold et al., 1988; Kruk et al., 2006), regulando de esta forma el establecimiento de las malezas. A su vez, estos ejercen una fuerte competencia sobre las malezas, reduciendo su biomasa y capacidad reproductiva (Lindquist et al., 1995; Norris, 2007; de Abelleira, 2009). Por otro lado, los distintos herbicidas utilizados en los cultivos actúan como filtros, favoreciendo el incremento de las especies que escapan a la acción de los mismos (Johnson y Coble, 1986; Puricelli y Tuesca, 2005; Scursoni y Satorre, 2010).

Para establecer los factores que permiten la perpetuación de *U. panicoides* en los sistemas cultivados predominantes de la región central de Córdoba es necesario estudiar

la demografía de esta especie en los mismos. Por ello, en este capítulo se estudió el efecto de la presencia de los cultivos de maíz y soja y de los herbicidas aplicados comúnmente en los mismos, sobre los parámetros demográficos relevantes de *U. panicoides* (i.e. emergencia, supervivencia y fecundidad). Los herbicidas evaluados fueron atrazina o la mezcla de atrazina y metolaclor en maíz y glifosato en soja. La aplicación de atrazina como único herbicida es una práctica frecuentemente utilizada en lotes de maíz con una baja presión de malezas gramíneas (observación personal) y la implementación de este tratamiento permitiría cuantificar el beneficio del agregado de metolaclor sobre los parámetros demográficos de *U. panicoides*.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos abordados en este capítulo, según la numeración indicada en la introducción general, serían:

5. Determinar si la presencia del cultivo de maíz y soja afectan la germinación y establecimiento de *U. panicoides*.
6. Establecer la importancia de la competencia de los cultivos en la supervivencia y fecundidad de los individuos establecidos.
7. Determinar cómo es afectado el establecimiento de los individuos de la maleza, su supervivencia y fecundidad por la aplicación de atrazina, metolaclor y glifosato.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron conducidos en Manfredi (Lat: 31° Sur, long: 63° Oeste), provincia de Córdoba, en la estación experimental agropecuaria de INTA desde el año 2007 al 2010. El suelo donde se realizaron las experiencias fue un Haplustol éntico de textura franco limosa, con más de cinco años de siembra directa, 6,5 de PH y 2,5 % de MO. Se estudió la demografía de *U. panicoides* en lotes con banco natural de semillas en cultivos de maíz durante tres años y en el cultivo de soja durante un año.

#### ESTUDIO DE LA DEMOGRAFÍA DE *U. PANICOIDES* EN EL CULTIVO DE MAÍZ

Los ensayos con maíz se realizaron durante las campañas 2007-2008, 2008-2009 y 2009-2010. En las dos primeras campañas, se utilizó un diseño completamente aleatorizado en parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal quedó determinada por la presencia o ausencia del cultivo y las subparcelas por la aplicación de atrazina o la mezcla de atrazina y metolaclor. En la campaña 2009-2010, sólo se evaluó en presencia del cultivo de maíz, el efecto de la aplicación de atrazina y la mezcla de atrazina y metolaclor sobre la demografía de *U. panicoides* utilizándose un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones.

En la primer experiencia (2007), la siembra del cultivo de maíz se realizó el 13 de octubre de 2007 con una sembradora experimental de seis surcos a 52 cm. Tres días

después de la misma se aplicó glifosato ( $1,08 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$ ) para eliminar las malezas emergidas. Junto con el glifosato se aplicó atrazina a razón de  $1,3 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$  en una de las subparcelas y atrazina + metolaclor ( $1,3 + 0,96 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$ ) en la otra. La superficie de las subparcelas fue de  $18 \text{ m}^2$  (3 m de ancho y 6 m de largo).

Ante problemas que surgieron a la implantación del cultivo, fue necesario realizar una nueva siembra el 6 de noviembre. Debido a la falta de precipitaciones, se realizó una aplicación de 20 mm de lámina de agua de riego y no se utilizaron herbicidas, ya que las parcelas estaban libres de malezas. Se sembró el híbrido Pioneer 31Y04 a una densidad de  $7,7 \text{ plantas m}^{-2}$ . Las parcelas fueron fertilizadas con  $46 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno en forma de urea al voleo cuando el maíz se encontraba en V5.

En el segundo año (2008), el ensayo se realizó en un área que había permanecido sin cultivo la campaña anterior y en la cual plantas de *U. panicoides* fueron preservadas, con la finalidad de generar un banco de semillas abundante de dicha especie. Los residuos vegetales de las plantas de *U. panicoides* establecidas la campaña anterior produjeron un exceso de cobertura, debiendo ser retirados casi en su totalidad para permitir la siembra del cultivo y la emergencia de la maleza. La siembra del cultivo se realizó en forma manual el 20 de octubre con el híbrido Pioneer 31Y04 a 50 cm entre hileras y una densidad de  $8 \text{ plantas m}^{-2}$ . La superficie de las subparcelas fue de  $10 \text{ m}^2$  (2 m de ancho y 5 m de largo). A la siembra se aplicó glifosato, atrazina y metolaclor, de la misma forma y dosis que en el año anterior.

El tercer experimento (2009-2010) fue conducido en un lote que presentaba una moderada a baja infestación de la maleza ( $70 \text{ plantas m}^{-2}$ ) y cuyo cultivo antecesor fue trigo-soja. La siembra se realizó el 17 de noviembre con una sembradora experimental de seis surcos a 52 cm. Se utilizó el híbrido P1979YR a una densidad de  $8 \text{ plantas m}^{-2}$ . Las parcelas tuvieron una superficie de  $10 \text{ m}^2$  (2 m de ancho y 5 m de largo). La fertilización se realizó al voleo, con superfosfato triple a la siembra ( $48 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo) y urea en V5 (cinco hojas totalmente expandidas) a razón de  $69 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno. Se utilizaron los mismos herbicidas y dosis que en las experiencias anteriores. Los tratamientos quedaron determinados por la aplicación de atrazina, atrazina + metolaclor y un testigo sin herbicida. En todas las parcelas, se aplicó glifosato al inicio del ensayo para eliminar las malezas emergidas. En el testigo sin herbicida, las malezas de hoja ancha fueron eliminadas en forma manual al momento de su emergencia. En este ensayo, el primer recuento de plantas de *U. panicoides* emergidas se realizó a los 25 días de emergido el cultivo, clasificándolas en plantas de la primera cohorte (plantas con dos o más macollos) y plantas pertenecientes a la segunda cohorte (plantas con menos de dos macollos). A los 50 días de la emergencia del cultivo se realizó un nuevo monitoreo con la finalidad de detectar nuevos nacimientos.

#### **ESTUDIO DE LA DEMOGRAFÍA DE *U. PANICOIDES* EN EL CULTIVO DE SOJA**

El estudio de demografía de *U. panicoides* en soja fue realizado durante la campaña 2008-2009. La siembra del cultivo se realizó el 20 de octubre de 2008 en forma manual, en el mismo lugar que el cultivo de maíz. Se utilizó la variedad DM 4870 (GM IV) a 50 cm entre hileras y a razón de  $47 \text{ plantas m}^{-2}$ . A la siembra se aplicó

glifosato (1.08 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) en todas las parcelas para eliminar las plantas de maleza emergidas.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado en parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal quedó determinada por la presencia o ausencia del cultivo y las subparcelas por la aplicación o no de glifosato en postemergencia. Esta fue realizada el 24 de noviembre estando la soja en V4 según la escala de desarrollo descrita por Fehr et al., (1971).

Los herbicidas fueron aplicados con un equipo pulverizador experimental de tracción manual y presión constante por fuente de CO<sub>2</sub>. Las pastillas pulverizadoras fueron abanico plano 11002 erogando un caudal de 160 l ha<sup>-1</sup>.

### **Determinaciones**

Inmediatamente luego de la siembra se establecieron dos cuadrículas de 0.4 m<sup>2</sup> (1 x 0.4 m) en cada unidad experimental, las cuales se dispusieron en forma perpendicular a uno de los surcos centrales de cada parcela. Cada cuadrícula estaba dividida en 250 subcuadrados (4 cm x 4 cm) para facilitar el recuento de plántulas. Dentro de las mismas, se registraron periódicamente las plantas emergidas, identificándolas con cables de distinto color en cada fecha de observación (cohortes). En la campaña, 2008-09, se seleccionaron 10 plantas de cada cohorte en cada parcela debido a la alta densidad de la maleza presente en el ensayo.

La tasa de supervivencia, la fecundidad (semilla planta<sup>-1</sup>) y producción de biomasa individual fueron estimadas a partir de todas las plantas presentes en las cuadrículas en las campañas 2007-08 y 2009-10 o a partir de los individuos seleccionados en la campaña 2008-09. La supervivencia se calculó como la proporción de plantas que lograron sobrevivir y producir descendencia, en relación a todos los individuos emergidos en la campaña 2007-08 y 2009-10 o en relación a los individuos seleccionados en la campaña 2008-09. Para cuantificar la fecundidad, se recolectaron periódicamente las panojas de todas las plantas y se estimó el número de semillas por panoja mediante el recuento de semillas de una muestra de las mismas. Al momento de madurez del cultivo cada individuo fue cosechado manualmente y su biomasa estimada luego de permanecer en estufa de secado 48 hs a 80 °C.

En la campaña 2008-09, la producción de biomasa m<sup>-2</sup> de la maleza, en cada tratamiento, se obtuvo tomando cinco muestras al azar con un marco de 30 x 30 cm en cada parcela. En esta campaña, se estimó la biomasa individual a través de la biomasa m<sup>-2</sup> y el número de individuos emergidos en la primera cohorte, los cuales produjeron alrededor del 95 % de la biomasa m<sup>-2</sup>. Con dicha biomasa por individuo se estimó la fecundidad a través de regresión. La ecuación utilizada para estimar el número de semillas por individuo fue obtenida con la biomasa y producción de semillas de las plantas identificadas con cables en los ensayos de maíz y soja. Este procedimiento fue adoptado debido a que durante este año, se trabajó con una muestra de individuos y la producción de biomasa y número de semillas por unidad de superficie fue sobrestimada por la misma en todos los tratamientos.

## Análisis estadístico

El número de individuos registrados en cada cohorte, su supervivencia, biomasa individual y producción de semillas fueron sometidos a análisis de varianza en cada experiencia. El mismo procedimiento fue realizado para la producción de semillas por unidad de superficie. En la primera experiencia de maíz, esta última variable fue transformada a raíz cuadrada para homogeneizar la varianza y los datos fueron retransformados para su presentación. Las medias de los tratamientos fueron comparadas con el test LSD.

## Datos climáticos

La temperatura del suelo a un centímetro de profundidad desde la emergencia del cultivo fue registrada en dos de las tres repeticiones de cada tratamiento, mediante sensores conectados a un data logger (Cavadevices). Los registros de precipitación fueron obtenidos de la estación meteorológica del campo experimental de INTA Manfredi, localizada a 800 m del lote donde se realizaron los ensayos (Tabla A.2, Anexo).

## RESULTADOS

### DEMOGRAFÍA DE *U. PANICOIDES* EN CULTIVOS DE MAÍZ

#### Campaña 2007-2008

Las temperaturas máximas y mínimas del suelo dentro de los 30 días de emergido el cultivo fueron similares en las parcelas con y sin presencia del mismo (Fig. 4.1). A partir de esa fecha (12 de diciembre), la temperatura máxima fue superior en las parcelas sin cultivo. Las precipitaciones durante esta campaña fueron bajas al inicio mejorando luego en el mes de diciembre (Fig. 4.2, Tabla A.2, Anexo).

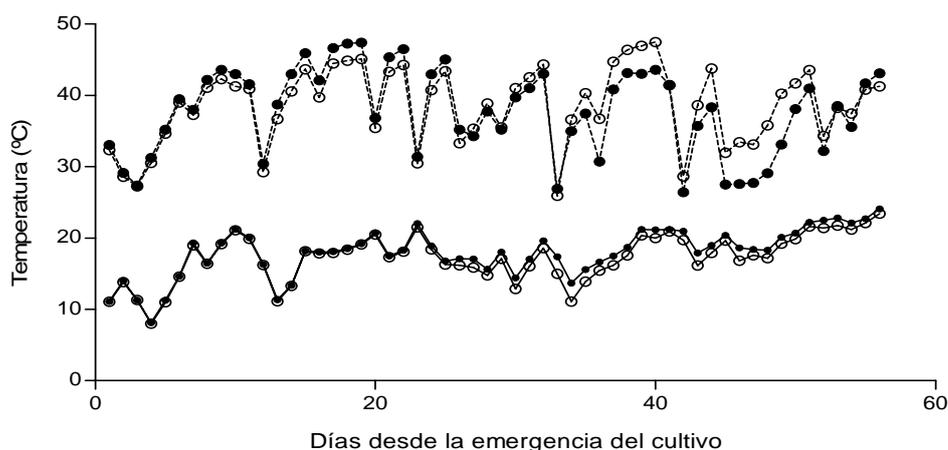


Figura 4.1: Temperatura de suelo máxima (línea punteada) y mínima (línea llena), en parcelas con presencia del cultivo de maíz (símbolos llenos) y sin presencia del cultivo (símbolos vacíos) durante la campaña 2007-2008.

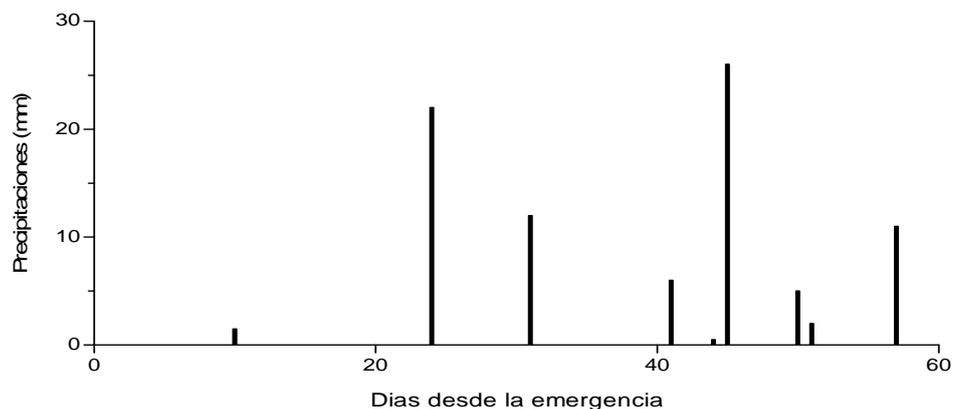


Figura 4.2: Precipitaciones registradas desde la emergencia del cultivo de maíz (11 de noviembre) en la campaña 2007-2008.

Desde la aplicación de los herbicidas, el 16 de octubre hasta 40 días de emergido el cultivo, sólo se produjo la emergencia de unos pocos individuos en todos los tratamientos (Fig. 4.3). En el mes de diciembre, en coincidencia con el incremento de las precipitaciones (Fig. 4.2), se produjeron nuevos nacimientos en las parcelas sin cultivo. No obstante, no se detectaron diferencias significativas para esta variable entre tratamientos (Fig. 4.3).

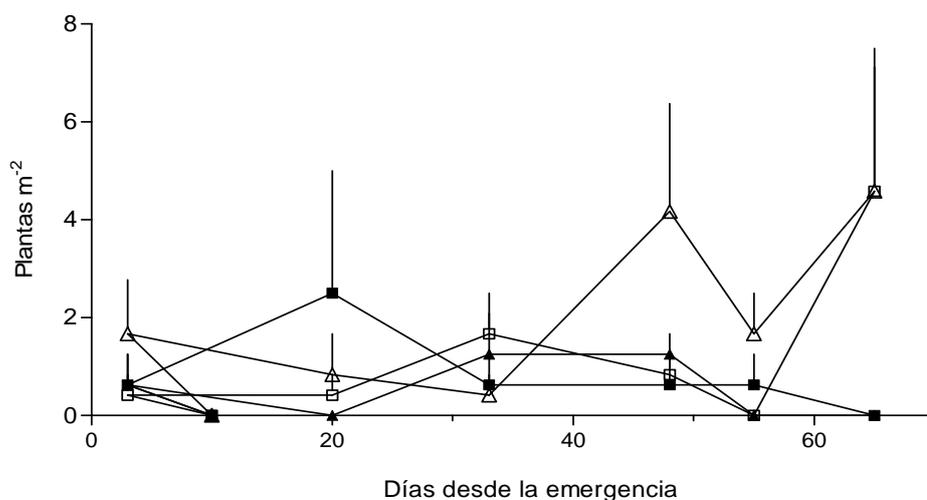


Figura 4.3: Número de plantas de *U. panicoides* en cada cohorte a partir de la emergencia del cultivo de maíz (11 de noviembre) en los distintos tratamientos de la campaña 2007-2008: presencia de cultivo (símbolos llenos); sin cultivo (símbolos vacíos); con atrazina (triángulos); con atrazina y metolaclor (cuadrados). Las barras verticales indican el error estándar.

No hubo interacción entre el factor cultivo, los tratamientos herbicidas y la producción de semillas por unidad de superficie ( $P > 0.05$ ). La presencia del cultivo redujo significativamente la producción de semillas (Fig. 4.4), por el contrario no se detectaron diferencias para esta variable entre tratamientos herbicida.

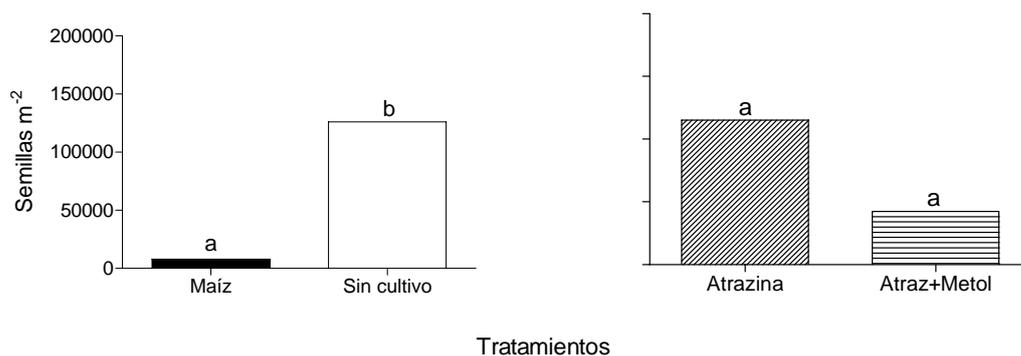


Figura 4.4: Producción de semillas de *U. panicoides* en parcelas con cultivo de maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicidas (panel izquierdo) y en parcelas con o sin metolaclor en promedio de los tratamientos de cultivo (panel derecho). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD  $P < 0.05$ .

Los individuos que emergieron en la misma fecha que el cultivo (cohorte 1, Fig. 4.3) produjeron una elevada cantidad de semillas (Tabla 4.1). La presencia del cultivo redujo en gran medida la fecundidad de los mismos (Tabla 4.1). Sin embargo, aún en esas condiciones, la maleza produjo una gran cantidad de semillas (Tabla 4.1). En las parcelas con presencia de maíz, los individuos de la primera cohorte aportaron un alto porcentaje de las semillas producidas (i.e. 76 a 96 %).

Tabla 4.1: Fecundidad de individuos pertenecientes a la primera cohorte y producción total de semillas en los distintos tratamientos de la campaña 2007-2008.

|                           | Semillas pta <sup>-1</sup> cohorte 1 | Semillas totales m <sup>-2</sup> |
|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Maíz con Atrazina         | 3762                                 | 7880                             |
| Maíz con Atraz +Metol     | 7626                                 | 8374                             |
| Sin cultivo Atrazina      | 99978                                | 186826                           |
| Sin cultivo Atraz + Metol | 55631                                | 65238                            |

### Campaña 2008-2009

Las temperaturas máximas y mínimas del suelo durante la emergencia de la maleza en las parcelas con maíz fueron similares a las registradas en aquellas sin presencia del cultivo (Fig. 4.5). Las precipitaciones en este período fueron suficientes para permitir la germinación y emergencia de la maleza (Fig. 4.6). Cuatro días después de la aplicación de los herbicidas (previo a la emergencia del cultivo) se produjo una precipitación de 20 mm, que resultó oportuna para la incorporación de los mismos.

A partir de la emergencia del cultivo se identificaron cuatro cohortes de la maleza (Fig. 4.7). Las dos primeras cohortes representaron el 60-95 % de todas las plantas emergidas durante el ciclo del cultivo. No se presentó interacción entre los tratamientos herbicidas y el factor cultivo ( $P > 0.05$ ). El número de plantas emergidas de la primera cohorte se redujo un 50% cuando se adicionó metolaclor a la atrazina ( $P < 0.10$ , Fig. 4.7). Respecto de las parcelas sin cultivo y sin herbicida (i.e. testigo de soja), la aplicación de atrazina y metolaclor redujo la emergencia de plantas de la primera y segunda cohorte en un 85% ( $P < 0.05$ ) y 57 % ( $P < 0.10$ ), respectivamente (Fig. 4.7). El cultivo no tuvo efecto sobre el número de plantas emergidas ( $P > 0.05$ , Fig. 4.7).

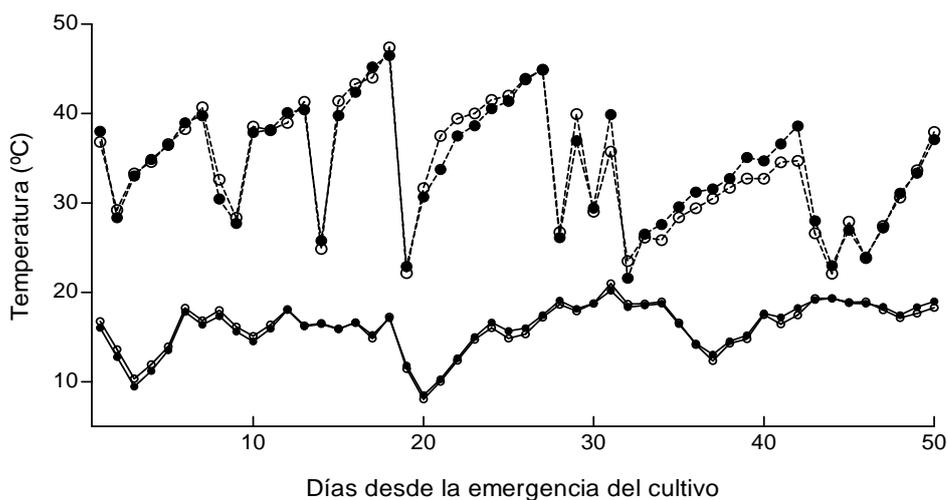


Figura 4.5: Temperatura de suelo máxima (línea punteada) y mínima (línea llena), en parcelas con presencia del cultivo de maíz (símbolos llenos) y sin presencia del cultivo (símbolos vacíos) en la campaña 2008-2009.

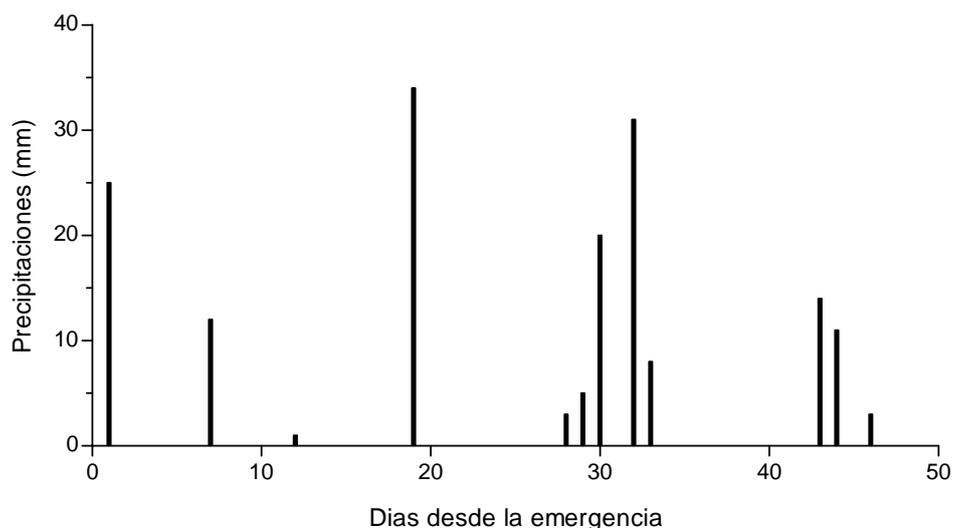


Figura 4.6: Precipitaciones registradas desde la emergencia del cultivo de maíz (28 de octubre) en la campaña 2008-2009.

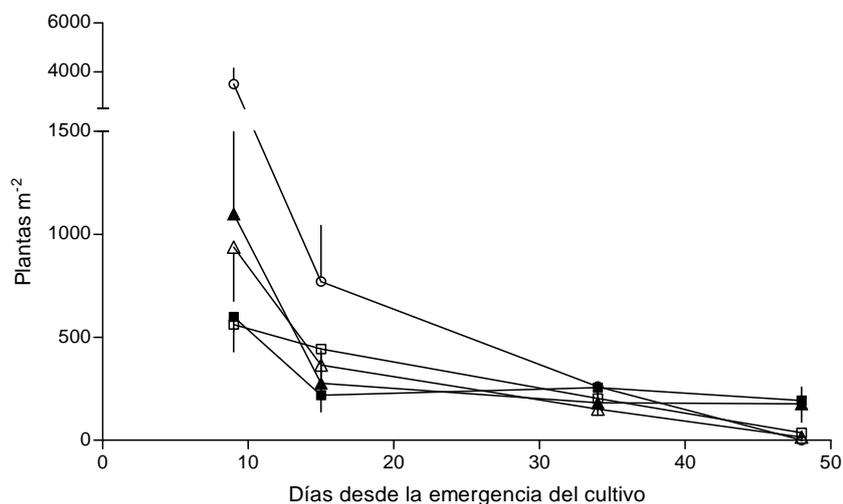


Figura 4.7: Número de plantas de *U. panicoides* emergidas en cada cohorte a partir de la emergencia del cultivo de maíz (28 de octubre) en los distintos tratamientos de la campaña 2008-2009. Presencia de cultivo (símbolos llenos); sin cultivo (símbolos vacíos); con atrazina (triángulos); con atrazina y metolachlor (cuadrados); sin herbicida (círculos). Las barras verticales indican el error estándar.

Las plantas pertenecientes a las 3<sup>o</sup> y 4<sup>o</sup> cohortes no produjeron descendencia y su biomasa fue despreciable en todos los tratamientos. Por esta razón, sólo se presentan los datos de supervivencia, biomasa y fecundidad de las dos primeras cohortes.

No se detectó interacción significativa entre el factor cultivo y los tratamientos herbicidas en la supervivencia de las plantas ( $P > 0.05$ ). La presencia del cultivo y el herbicida metolachlor no afectaron la supervivencia de las mismas (Fig. 4.8).

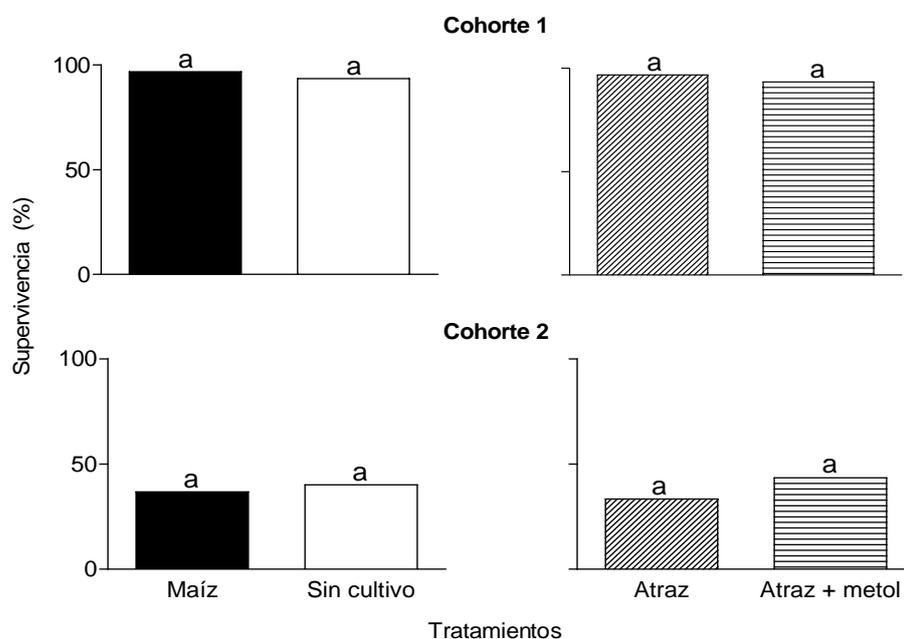


Figura 4.8: Supervivencia de plantas de *U. panicoides* en parcelas con cultivo de maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicida y en parcelas con y sin metolachlor en el promedio de los tratamientos de cultivo de la campaña 2008-2009: Panel superior (primera cohorte), panel inferior (segunda cohorte). Barras con iguales letras no difieren significativamente según el test LSD  $P < 0.05$ .

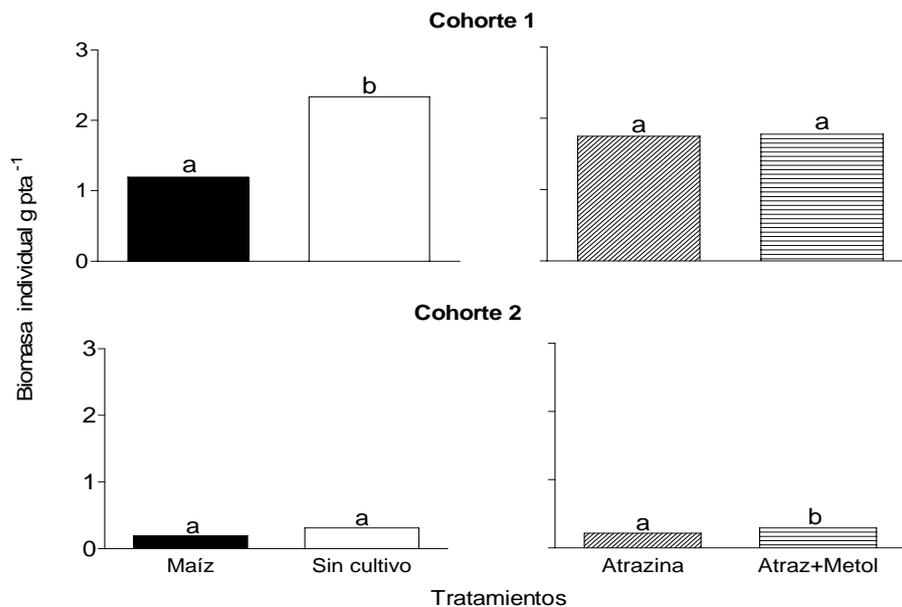


Figura 4.9: Biomasa individual de *U. panicoides* en parcelas con maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicida y en parcelas con y sin metolaclor en el promedio de los tratamientos de cultivo de la campaña 2008-2009: Panel superior (primera cohorte), panel inferior (segunda cohorte). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD  $P < 0.05$ .

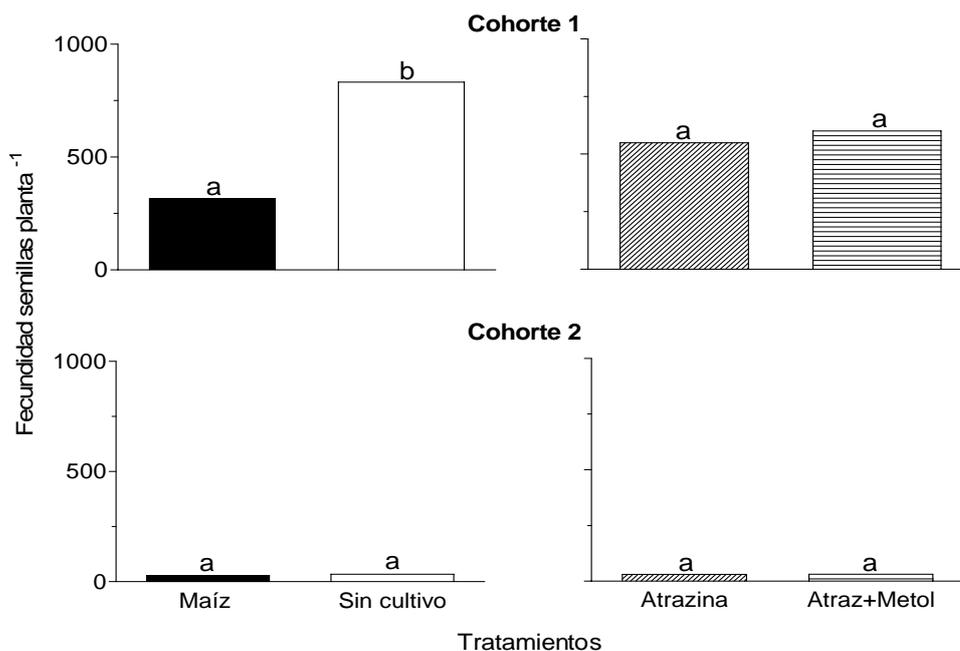


Figura 4.10: Número de semillas producidas por individuo de *U. panicoides* en parcelas con cultivo de maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicida y en parcelas con y sin metolaclor en el promedio de los tratamientos de cultivo de la campaña 2008-2009: Panel superior (primera cohorte), panel inferior (segunda cohorte). Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD  $P < 0.05$ .

La producción de semillas por individuo se incrementó en forma lineal con la biomasa de los mismos (Fig. 4.11). Debido a que individuos con una biomasa inferior a 0,07 g no produjeron semillas, la recta de regresión fue forzada a interceptar el eje x en ese valor.

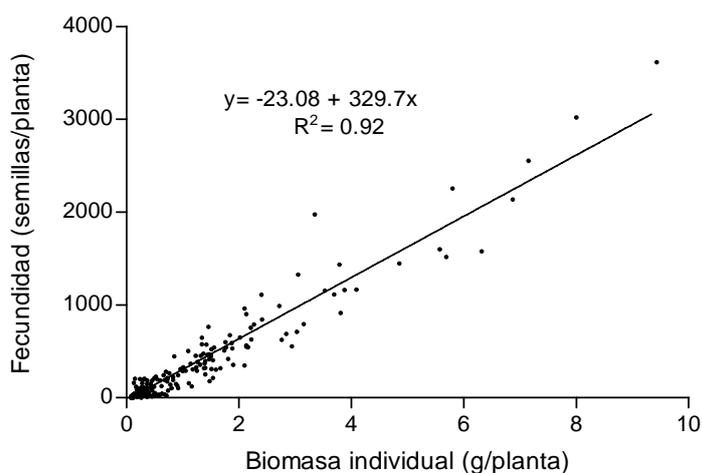


Figura 4.11: Relación entre la biomasa individual de *U. panicoides* y la producción de semillas por planta (fecundidad).

La presencia del cultivo redujo la producción de biomasa y semillas de *U. panicoides* por unidad de superficie, en cambio la aplicación de metolaclor no tuvo efecto sobre estas variables (Fig. 4.12).

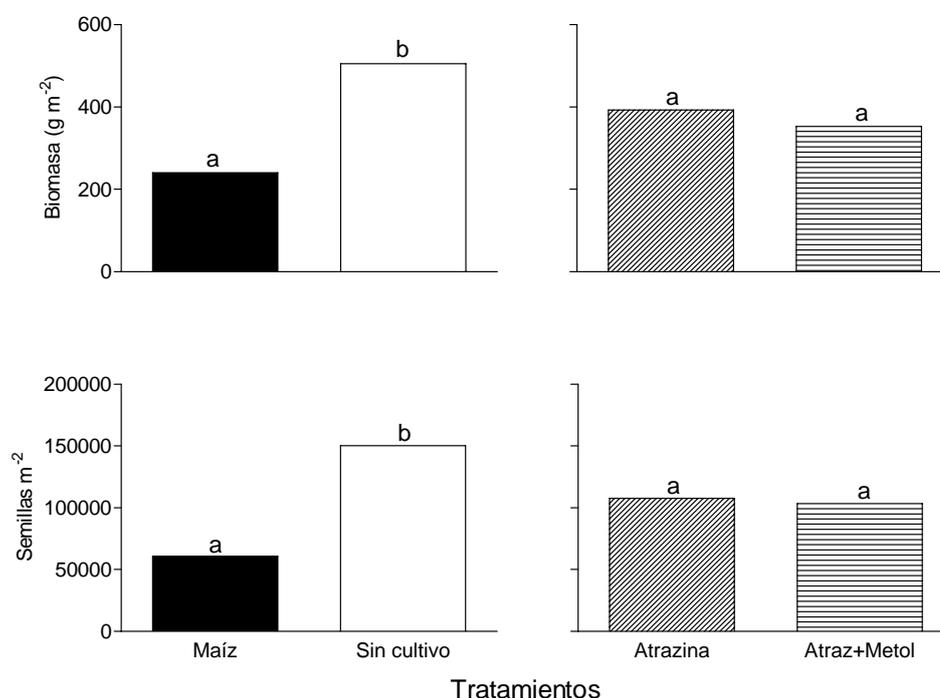


Figura 4.12: Producción de biomasa de *U. panicoides* (panel superior) y de semillas (panel inferior) en parcelas con maíz y sin cultivo en promedio de los tratamientos herbicidas (panel izquierdo) y en parcelas con o sin metolaclor en el promedio de los tratamientos de cultivo (panel derecho) durante la campaña 2008-2009. Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD  $P < 0.05$ .

### Campaña 2009-2010

Al inicio de esta campaña se produjeron precipitaciones abundantes (Fig. 4.13). En un período de 10 días desde la aplicación de los herbicidas se produjeron 3 precipitaciones que aportaron 13 mm de lámina de agua.

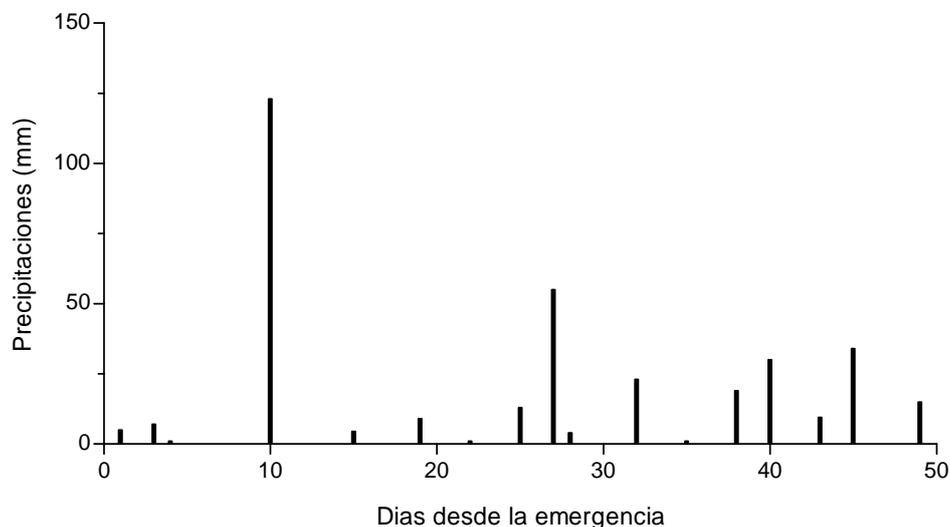


Figura 4.13: Precipitaciones registradas desde la emergencia del cultivo de maíz (22 de noviembre) durante la campaña 2009-2010.

A los 25 días de emergido el cultivo se identificaron dos cohortes de la maleza. La primera cohorte representó el 10 % del total de plantas emergidas en el promedio de los diferentes tratamientos, mientras que el 90 % restante correspondió a la segunda cohorte. No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables estudiadas en la primera cohorte ( $P > 0.05$ ; Tabla 4.2). El mayor número de semillas producidas por planta en el tratamiento con atrazina + metolaclor estuvo asociado a la alta fecundidad que presentó una planta aislada en una de las parcelas de dicho tratamiento. A pesar del reducido número de individuos, la primera cohorte produjo una gran cantidad de semillas (Tabla 4.2).

Tabla 4.2: Número de plantas de *U. panicoides* de la primera cohorte, supervivencia, fecundidad y producción de semillas en parcela de maíz en los diferentes tratamientos herbicida de la campaña 2009-2010.

| Tratamiento   | Plantas m <sup>-2</sup> | Supervivencia % | Semillas pta <sup>-1</sup> | Semillas m <sup>-2</sup> |
|---------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| Sin herbicida | 5,4a                    | 91a             | 1214a                      | 5834a                    |
| Atrazina      | 8,1a                    | 82a             | 838a                       | 5216a                    |
| Atraz +Metol  | 2,5a                    | 100a            | 4750a                      | 6518a                    |

La emergencia de plantas de la segunda cohorte fue menor en las parcelas tratadas con atrazina + metolalor (Tabla 4.3). La supervivencia y fecundidad no presentaron diferencias entre tratamientos. Por lo tanto la menor producción de semillas en el tratamiento con atrazina y metolalor estuvo relacionada con una disminución del número de plantas.

Tabla 4.3: Número de plantas de *U. panicoides* de la segunda cohorte, supervivencia, fecundidad y producción de semillas en parcelas de maíz, en los diferentes tratamientos herbicida de la campaña 2009-2010.

| Tratamiento   | Plantas m <sup>-2</sup> | Supervivencia % | Semillas pta <sup>-1</sup> | Semillas m <sup>-2</sup> |
|---------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|
| Sin herbicida | 63,7a                   | 83a             | 213a                       | 11135a                   |
| Atrazina      | 57,5a                   | 76a             | 225a                       | 9588a                    |
| Atraz +Metol  | 13,7b                   | 87a             | 264a                       | 2907b                    |

## DEMOGRAFÍA DE *U. PANICOIDES* EN CULTIVOS DE SOJA

### Campaña 2008-2009

El momento de emergencia del cultivo de soja coincidió con la emergencia del cultivo de maíz en esa campaña. Las precipitaciones registradas en los primeros 50 días desde la emergencia del cultivo se muestran en la Figura 4.6. Las temperaturas máximas y mínimas del suelo no se modificaron por la presencia del cultivo de soja hasta la fecha en que se realizó la aplicación postemergente de glifosato (Fig. 4.14).

A los 15 días de emergido el cultivo ya se habían establecido dos cohortes de la maleza (Fig. 4.15). La presencia del cultivo no tuvo efecto sobre el número de plantas emergidas en las mismas ( $P > 0.05$ ). En aquellas parcelas sin tratamiento herbicida se identificó una tercera cohorte (Fig. 4.15).

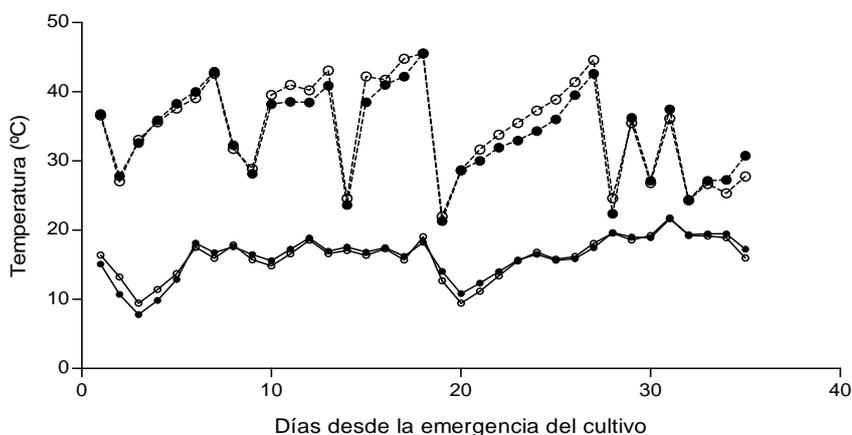


Figura 4.14: Temperatura máxima (línea punteada) y mínima (línea llena) de suelo, en parcelas con presencia del cultivo de soja (símbolos llenos) y sin presencia del cultivo (símbolos vacíos) durante la campaña 2008-2009.

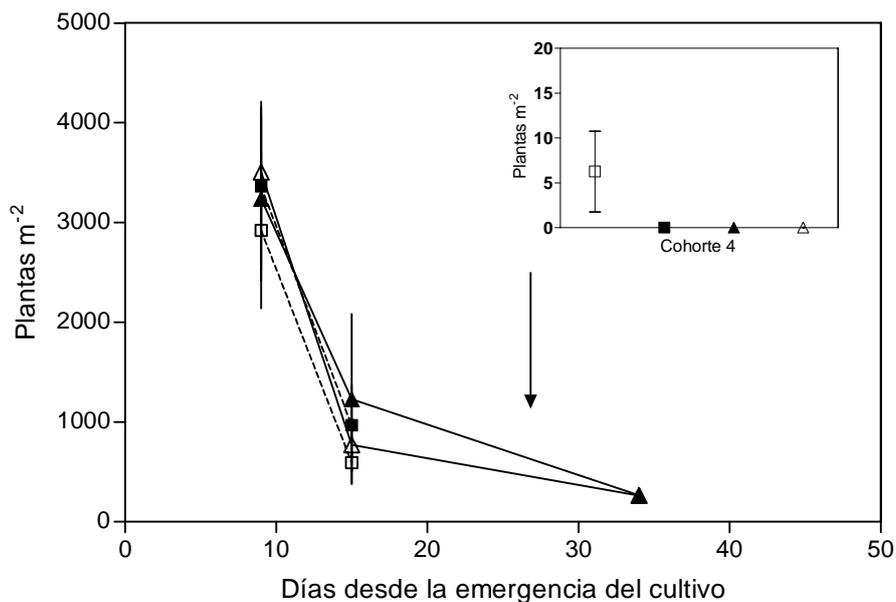


Figura 4.15: Número de plantas de *U. panicoides* emergidas en cada cohorte, a partir de la emergencia del cultivo de soja (28 de octubre) en los distintos tratamientos de la campaña 2008-2009. Presencia de cultivo (símbolos llenos); sin cultivo (símbolos vacíos); con glifosato (línea punteada y cuadrados); sin glifosato (línea llena y triángulos). La flecha indica la aplicación de glifosato. Figura interior: número de plantas emergidas en cada tratamiento a inicios de febrero (100 días desde la emergencia, Cohorte 4). Las barras verticales indican el error estándar.

Las plantas pertenecientes a la primera y segunda cohorte fueron eliminadas en su totalidad con la aplicación de glifosato. Lo mismo habría ocurrido con las plantas de la tercera cohorte en estos tratamientos, no habiéndose podido cuantificar el número de individuos de la misma, debido a que al momento de la aplicación estas se encontraban emergiendo. Luego de la aplicación postemergente de glifosato no se produjeron nuevos nacimientos en las parcelas con presencia del cultivo, mientras que un pequeño flujo emergió a comienzos de febrero en el tratamiento sin presencia de soja (cohorte 4, Fig. 4.15).

En las parcelas que no se aplicó herbicida luego de la siembra, la presencia del cultivo no modificó la supervivencia, la biomasa y producción de semillas de la maleza (Fig. 4.16 y 4.17). En dichos tratamientos, la primera cohorte aportó más del 98 % de las semillas producidas mientras que el aporte de semillas de la segunda cohorte fue mucho menor. A su vez, la mortalidad de los individuos de la segunda cohorte fue muy elevada (Fig. 4.16). Las plantas pertenecientes a la tercera cohorte no produjeron descendencia, mientras que unos pocos individuos que emergieron más tardíamente (cuarta cohorte), en parcelas sin cultivo y luego de la aplicación de glifosato produjeron una gran cantidad de semillas (c.a. 43000 semillas m<sup>-2</sup>).

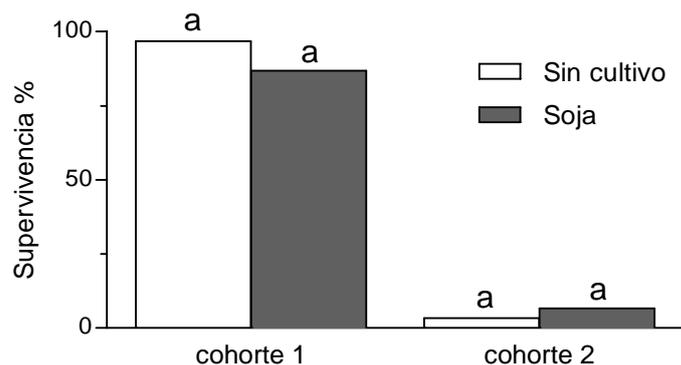


Figura 4.16: Supervivencia de las dos primeras cohortes de *U. panicoides* en parcelas sin aplicación de herbicida, con y sin presencia del cultivo de soja en la campaña 2008-2009. En cada cohorte, barras con iguales letras no difieren significativamente según el test LSD  $P < 0.05$ .

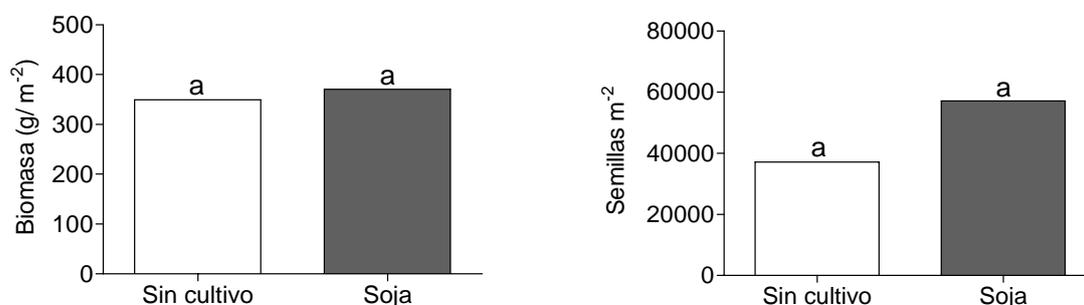


Figura 4.17: Producción de biomasa y semillas de *U. panicoides*, en parcelas sin aplicación de herbicida, con y sin presencia del cultivo de soja en la campaña 2008-2009. Barras con iguales letras no difieren significativamente según el test LSD  $P < 0.05$ .

## DISCUSIÓN

La presencia del cultivo de maíz no afectó la germinación y emergencia de *U. panicoides* (Figs. 4.3 y 4.7). La cobertura del suelo generada por los cultivos y las malezas pocos días después de la emergencia fue escasa y por lo tanto, no se redujo la amplitud térmica del suelo. En la campaña 2007-2008 cuando la densidad de la maleza fue relativamente baja, la cobertura del suelo entre los 35 y 55 días de emergido el cultivo fue superior en las parcelas sembradas respecto a las no sembradas y consecuentemente con menor amplitud térmica en el suelo (Fig. 4.1). En este período y en coincidencia con el incremento de las precipitaciones, la emergencia de la maleza tendió a ser mayor en las parcelas sin plantas del cultivo (Fig. 4.3). En cambio en el segundo ensayo de maíz (2008-2009), al avanzar la estación de crecimiento, debido a la alta densidad de la maleza las parcelas con y sin cultivo presentaron una cobertura similar, lo que se reflejó en la similitud de sus regímenes térmicos (Fig. 4.5).

La emergencia de la maleza tampoco fue afectada por la presencia de soja en estadios tempranos del ciclo de crecimiento, sin embargo en estados más avanzados

(100 días de emergido), el cultivo inhibió la germinación de unas pocas semillas de la maleza que dieron origen a una cuarta cohorte en las parcelas sin soja con glifosato (Fig. 4.15).

Otros factores ambientales, como la calidad lumínica que llega a la superficie del suelo es modificada por el canopeo de los cultivos y puede reducir la germinación de las malezas. Por ejemplo, Batlla et al., (2000) y Kruk et al., (2006) observaron que la presencia de canopeos en estados tempranos de su establecimiento, a través de pequeñas modificaciones en la relación R:RL reducía la germinación de semillas de algunas especies malezas. En este trabajo, la relación R:RL no fue cuantificada, sin embargo las condiciones para que este tipo de respuesta pueda observarse podrían no haberse presentado en nuestros experimentos. En la primera campaña (2007-2008), la emergencia de la maleza fue muy escasa en todos los tratamientos, por lo tanto la probabilidad de que se expresen diferencias entre los mismos fue baja. En la campaña siguiente, se estableció un alto número de individuos de la maleza junto con el cultivo, lo cual podría haber reducido o incluso eliminado las diferencias de R:RL debido a la presencia o no del cultivo.

La aplicación de la mezcla herbicida atrazina + metolaclor redujo en gran medida el número de plantas emergidas de la maleza (Fig. 4.7 y Tabla 4.3). Durante la campaña 2007-2008 y en la primera cohorte de la campaña 2009-2010 no se produjeron diferencias importantes en el número de plantas emergidas entre tratamientos herbicida, posiblemente relacionado con la escasa emergencia ocurrida aún en las parcelas testigo (Tabla 4.2).

Considerando sólo las dos primeras cohortes de la maleza, la proporción de individuos que escaparon a la acción herbicida de atrazina + metolaclor fue similar en la campaña 2008-2009 y 2009-2010 (i.e. 21 % y 23 % respectivamente). Por lo tanto, el número de individuos establecidos en dicho tratamiento estuvo directamente relacionado a la densidad inicial de la maleza (Fig. 4.7, Tablas 4.2 y 4.3). Resultados similares fueron obtenidos por Hartzler y Roth (1993) en *Setaria faberi* quienes encontraron una menor eficacia de atrazina y metolaclor en zonas de mayor densidad de la maleza, generada por controles deficientes de la misma el año previo a la experiencia. En coincidencia con estos resultados, trabajos realizados para evaluar la eficacia de herbicidas en zonas con diferente densidad de malezas, han encontrado que la reducción del número de plantas en porcentaje se mantiene relativamente constante (Taylor y Hartzler, 2000; Dieleman y Mortensen, 1999). Estos antecedentes y los de este trabajo permiten sugerir que los herbicidas preemergentes utilizados en los experimentos de maíz producen una reducción porcentual del número de individuos, por lo tanto aún a bajas densidades habrá plantas que escapan a la acción de los mismos, incrementándose los individuos establecidos en situaciones de alta densidad. Sin embargo, esto no sería consecuencia de la densidad en si misma, ya que en los ensayos en condiciones controladas (ver Capítulo 3) se obtuvo control total de la maleza a la dosis recomendada de aplicación del herbicida metolaclor y a una densidad similar ( $4377 \text{ ptas m}^{-2}$ ) a la registrada en la campaña 2008-2009. Otros factores como la distribución en el perfil de las semillas y la distribución de los herbicidas en el suelo podrían influir sobre la efectividad de los mismos. Por ejemplo, las plantas que emergen próximas a la superficie tienen pocas posibilidades de contactar con herbicidas que se absorben por el coleoptile, como alaclor y metolaclor (Vitta et al., 1999).

La supervivencia de los individuos emergidos no fue afectada por los tratamientos herbicidas y la presencia del cultivo (Figs. 4.8 y 4.16; Tablas 4.2 y 4.3). Los individuos de la primera cohorte presentaron un alto porcentaje de supervivencia en todas las condiciones estudiadas. Esto indicaría que esta maleza posee una elevada plasticidad, dado que aún a altas densidades como las de la segunda experiencia y en presencia de los cultivos, la supervivencia de las plantas que emergieron primero se mantuvo elevada. En dicha experiencia, la menor tasa de supervivencia de los individuos de la segunda cohorte (Figs. 4.8 y 4.16) y la muerte de todos los individuos pertenecientes a la tercera y cuarta cohorte habría estado relacionada con una alta competencia intraespecífica generada por los individuos de la primera cohorte.

La aplicación de metolaclor, no produjo cambios en la biomasa y fecundidad de los individuos emergidos (Figs. 4.9 y 4.10; Tablas 4.2 y 4.3). Otros trabajos han encontrado resultados similares con la aplicación de herbicidas preemergentes en maíz. Individuos de *Abutilon theophrasti* y *Amaranthus palmeri* que sobrevivieron a la aplicación preemergente de Flumetsulam o Isoxaflutole a la mitad de la dosis recomendada produjeron cantidades similares de semillas que aquellas que no estuvieron expuestas a dichos herbicidas (Liphadzi y Dille, 2006).

En la campaña 2008-2009, la adición de metolaclor a la atrazina redujo el número de plantas de la primera cohorte, sin embargo no se detectaron diferencias significativas en la producción de biomasa y semillas entre tratamientos herbicidas (Fig 4.12). Estas variables se ajustan a un modelo hiperbólico con la densidad (Gonzalez-Andujar y Fernandez-Quintanilla, 1991; Dieleman y Mortensen, 1999; Radosevich et al., 2007). Por lo tanto, cuando el número de individuos establecidos es alto como en dicha campaña, cambios de la magnitud observada entre tratamientos herbicidas, no provocarían cambios en la producción de biomasa y semillas por unidad de superficie. Por el contrario, en situaciones de menor densidad como la de la campaña 2009-2010, la reducción del número de plantas de la segunda cohorte disminuyó la producción de semillas de la misma (Tabla 4.3).

Por su parte, el cultivo de maíz redujo la producción de biomasa y semillas de la maleza (Figs. 4.4 y 4.12). Dicha reducción estuvo asociada a una menor biomasa y fecundidad de los individuos de la primera cohorte en las parcelas con presencia del cultivo (Tabla 3.1; Figs. 4.9 y 4.10).

La producción de semillas de la maleza en cultivos de maíz resultó muy elevada aún en condiciones de baja densidad de la misma (campañas 2007-2008 y 2009-2010) y en parcelas que fueron tratadas con atrazina y metolaclor (Tablas 4.1-4.3). Resultados similares han sido encontrados en otros trabajos, en donde la alta fecundidad de unas pocas plantas establecidas de malezas permiten mantener el banco de semillas (Norris, 2007).

La alta producción de descendencia de *U. panicoides* en cultivos de maíz, incluso a bajas densidades, se debería a su alto potencial reproductivo y a la incapacidad de los productos herbicidas preemergentes aplicados de reducir la fecundidad de los individuos establecidos. Este parámetro demográfico se redujo con la competencia intra e interespecífica, por lo tanto prácticas de manejo que incrementen la habilidad competitiva del cultivo en presencia de la maleza, como la siembra de híbridos competitivos y fertilización de los mismos en forma conjunta con la aplicación de

herbicidas postemergente que eliminen o reduzcan el crecimiento de las primeras cohortes de la maleza reducirían la producción de semillas de la misma.

Los resultados muestran que la reposición del banco de semillas de *U. panicoides* está asociado a la presencia del cultivo de maíz en la rotación. En cultivos de soja, la aplicación postemergente de glifosato eliminó todos los individuos emergidos de la maleza, con lo cual se evitó la producción de descendencia de la misma. La emergencia temprana de esta especie y su alta susceptibilidad a glifosato, son factores que dificultan su éxito poblacional en cultivos de soja transgénicos como los de esta experiencia. Resultados similares han sido encontrados para *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa crus-galli*, en donde una aplicación postemergente de glifosato a los 35 días de la siembra de cultivos de maíz y soja resistentes a dicho herbicida, eliminó todas las plantas emergidas de estas especies, no produciéndose nuevos nacimientos luego del tratamiento herbicida (Tuesca y Puricelli, 2007).

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN GENERAL

En la región central de Córdoba, los principales flujos de emergencia de *U. panicoides* se observan luego de las primeras precipitaciones a inicios de la primavera (octubre). Si bien el proceso de germinación se inicia con la imbibición de la semilla, y por lo tanto, la disponibilidad hídrica no debiera ser limitante, en determinadas situaciones la germinación no se produce debido a que las semillas presentan dormición. En la literatura se encuentra aceptado que en especies primavero-estivales, las bajas temperaturas invernales serían las responsables de reducir el nivel de dormición de las semillas, mientras que las altas temperaturas que se registran hacia fines de la primavera comienzos del verano inducen aumentos en el nivel de dormición (Karssen, 1982; Bouwmeester y Karssen, 1992). Los cambios en el nivel de dormición de las semillas de *U. panicoides* en respuesta a la temperatura, se apartaron de los aceptados en la literatura para especies estivales. Las bajas temperaturas no sólo no redujeron el nivel de dormición de las semillas sino que provocaron el efecto contrario. A su vez, altas temperaturas no indujeron dormición secundaria, obteniéndose los más altos porcentajes de germinación cuando las semillas fueron expuestas a temperaturas constantes de 25 y 34 °C (Fig. 2.6). En coincidencia, Kruk (2002) encontró que de cuatro especies estudiadas, sólo una, *Polygonum aviculare*, respondió según el modelo ampliamente aceptado en la literatura para especies primavero-estivales. En dicho estudio, *Portulaca oleracea* presentó una respuesta a la temperatura similar a la de *U. panicoides*. En ambas especies la permanencia de las semillas a 25 °C en seco y a campo fueron los tratamientos más eficientes en la reducción del nivel de dormición. Estos resultados sugieren que la disminución del nivel de dormición de las semillas de algunas especies primavero-estivales como *U. panicoides*, no se debería a las bajas temperaturas invernales sino a la exposición de las mismas a temperaturas moderadas y alternancia térmica a inicios de la primavera (Figs. 2.4-2.6).

La emergencia de la maleza fue menor en aquellos tratamientos donde se redujo la radiación solar incidente sobre el suelo a través de diferentes niveles de sombreado, disminuyendo la amplitud térmica (Figs 2.10 y 2.11). Por lo tanto la inclusión de cultivos de cobertura en el sistema de producción y rotación con cultivos que aporten grandes cantidades de rastrojo, serían una herramienta para reducir el número de plantas establecidas de esta especie. Sin embargo la cobertura de rastrojo puede interceptar parte de los herbicidas que poseen acción en el suelo, como es el caso de las acetoanilidas en maíz para el control de gramíneas anuales.

La rápida emergencia de *U. panicoides* a inicios de la primavera, coincide con lo hallado por Leguizamón et al. (2008) para *U. platyphylla* en la región de Manfredi, Córdoba. Esto es consecuencia de la baja temperatura base de las semillas (6 °C, Fig. 2.7) lo que resulta en la rápida acumulación de tiempo térmico bajo condiciones hídricas no limitantes. Dicha temperatura base es menor a la reportada para otras malezas gramíneas frecuentes en la zona. Steinmaus et al., (2000) estimaron una temperatura base de 13 °C para *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa crus-galli*, siendo el tiempo térmico requerido por estas especies para que germine el 50 % de las semillas, similar al estimado en nuestra experiencia con *U. panicoides* (Capítulo 2).

A partir de los ensayos de germinación realizados en condiciones controladas se cuantificaron los parámetros térmicos que describen la emergencia de la maleza (i.e.  $T_b$ : 6 °C;  $T_{óptima}$ : 35 °C;  $TTg$ ). Sin embargo, para predecir la germinación y emergencia a campo se requiere la incorporación de otros factores que podrían regular la emergencia como por ejemplo, el estado hídrico del suelo.

En la región central de Córdoba, los requerimientos térmicos de las semillas de *U. panicoides* para disminuir el nivel de dormición se cumplen hacia fines del invierno, principios de primavera. En dicha región, la siembra del cultivo de maíz se realiza, en la mayoría de los casos, luego de las primeras precipitaciones a inicios de la primavera (octubre), lo que coincide con los principales flujos de emergencia de la maleza (Fig. 2.13A). En general, se realiza una aplicación de herbicidas preemergentes, sin embargo, se observa que un porcentaje de la población de plántulas de la maleza escapa al control.

La emergencia sincrónica de *U. panicoides* con el cultivo de maíz, la ineficacia de los herbicidas preemergentes para controlar toda la población de maleza emergente y la alta prolificidad de los individuos establecidos, determinan que se produzca reposición del banco de semillas de la maleza (Figs. 5.1 y 5.2).

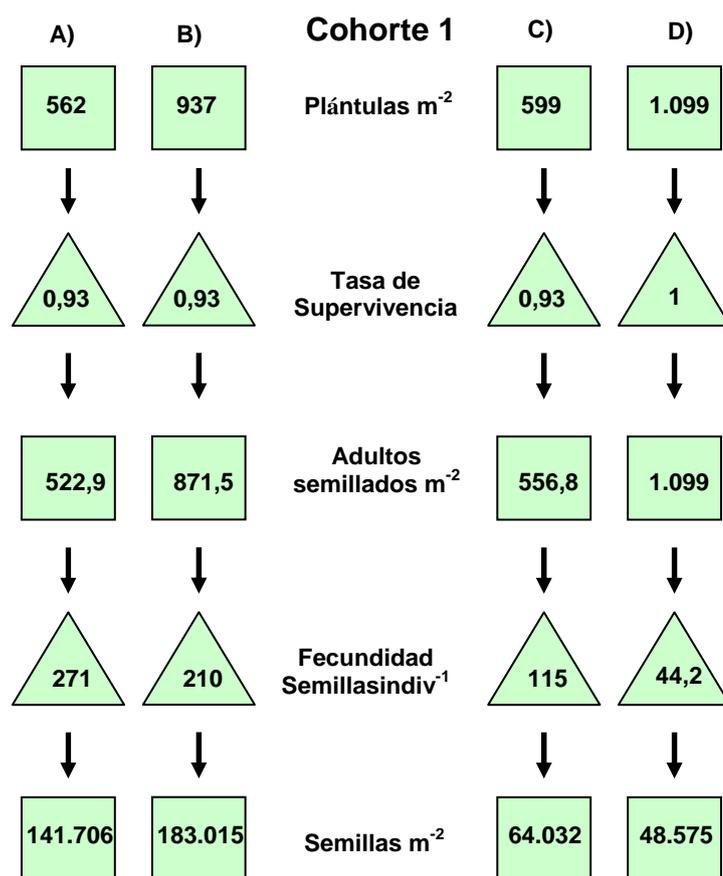


Figura 5.1: Tabla de vida de la cohorte 1 de *Urochloa panicoides* creciendo en diferentes situaciones con y sin cultivo de Maíz y con aplicación de herbicida atrazina sola o en mezcla con metolaclor en la campaña 2008-2009. A) Sin cultivo con Atraz + Metol; B) Sin cultivo con Atrazina; C) Maíz con Atraz + Metol; D) Maíz con Atrazina.

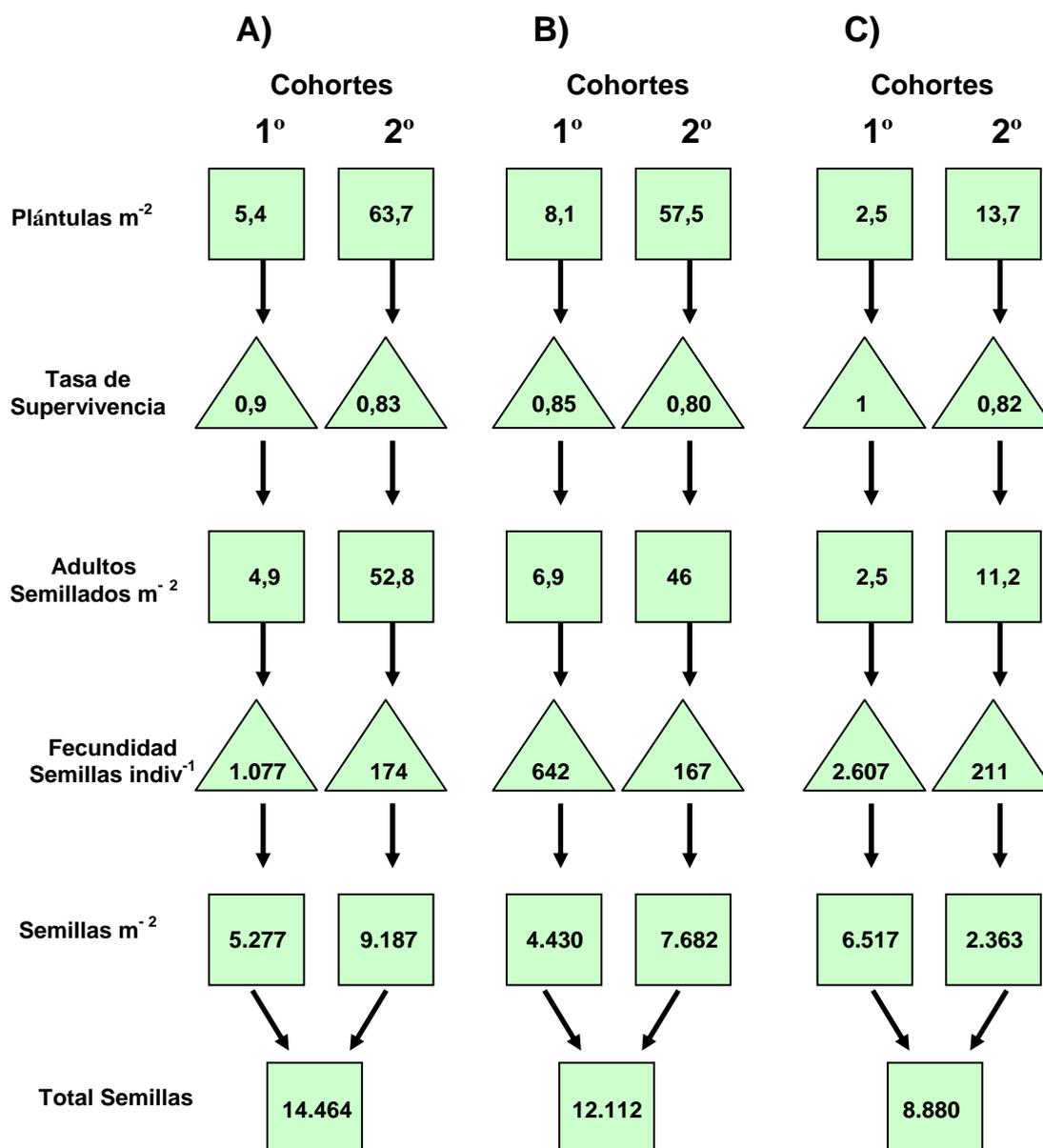


Figura 5.2: Tabla de vida de las cohortes 1 y 2 de *Urochloa panicoides* creciendo en parcelas de maíz con diferentes tratamientos herbicida (campaña 2009-2010): A) Maíz sin herbicida; B) Maíz con Atrazina; C) Maíz con Atraz + Metol.

La baja susceptibilidad que presentó *U. panicoides* al herbicida atrazina en condiciones controladas (Capítulo 3) coincide con lo observado en biotipos de esta especie en Australia (Adkins et al., 1997).

El número de individuos establecidos de *U. panicoides* en cultivos de maíz tratados con atrazina y metolaclor dependió de la cantidad de semillas que lograron germinar. En situaciones de alta densidad de semillas en la superficie del suelo como la

de la campaña 2008-2009, la eficacia del tratamiento se redujo (Fig. 5.1). Resultados similares fueron encontrados por Hartzler y Roth (1993) en *Setaria faberi* cuando se realizó una aplicación de atrazina y metolaclo, en donde la efectividad del tratamiento fue menor en zonas con alta densidad de la maleza. Además observaron que el control de esta especie se redujo en sistemas de siembra directa respecto del logrado en labranza convencional. Dicha reducción podría estar relacionada a la mayor germinación y emergencia de *Setaria faberi* cuando sus semillas permanecieron sobre la superficie del suelo. Muchos trabajos han encontrado un incremento de la densidad de gramíneas en siembra directa (Tuesca et al., 2001; Hume et al 1991; Elmore et al., 1995), lo que está principalmente asociado a la distribución de las semillas en el suelo (Buhler et al., 1996). La ubicación de las semillas en el perfil del suelo también puede afectar la absorción de los herbicidas, dado que plántulas que emergen próximas a la superficie tienen pocas posibilidades de contacto con herbicidas que se absorben por el coleoptile, como alaclor y metolaclo (Vitta et al., 1999). Por otro lado, se ha encontrado que la emergencia de *B. platyphylla* y de *Urochloa subquadrifida* disminuye con la profundidad de entierro de sus semillas y no se produce emergencia cuando las mismas están situadas a más de 7 cm de la superficie del suelo (Burke et al., 2003; Teuton et al., 2004). Esto indicaría que la amplia adopción del sistema de siembra directa en la región central de Córdoba podría dificultar el control de *U. panicoides* en cultivos de maíz debido a que, en dichos sistemas una mayor proporción de las semillas producidas permanecen en la superficie del suelo y logran germinar y emerger.

En las tablas de vida se puede observar que la supervivencia de las plantas que emergieron fue alta en todos los tratamientos y que variaciones en el número de individuos establecidos de la maleza, pueden ser parcial o totalmente compensados por la fecundidad de los mismos (Figs. 5.1-5.3).

La alta cantidad de semillas que produjeron unas pocas plantas de la primera cohorte en el cultivo de maíz en la campaña 2009-2010 (Fig. 5.2) sugiere que la aplicación de productos postemergentes sobre aquellas plantas que escaparon a la acción de los herbicidas residuales debería realizarse cuando la densidad supere el umbral de daño económico, ya que para minimizar la producción de semillas sería necesaria la eliminación o reducción del crecimiento de todas las plantas pertenecientes a las primeras cohortes y la presencia de cultivos con alta tasa de crecimiento.

Cultivos de maíz sembrados en el mes de diciembre no presentarían mayores problemas con esta maleza debido a que los flujos de emergencia serían controlados previo a la siembra. Además en lotes con una alta infestación de esta especie, el retraso de la fecha de siembra de cultivos de sorgo sería recomendable ya que no se dispone de productos postemergentes selectivos en el mismo para el control de gramíneas. Siembras de dicho cultivo en noviembre luego de precipitaciones que permitan la emergencia de la maleza, posibilitaría la eliminación de una alta proporción de la población de plántulas, previo a la siembra del cultivo, mediante la aplicación de glifosato.

En la Figura 5.3 se resume la demografía de *U. panicoides* creciendo en un sistema cultivo de soja. El patrón de emergencia primaveral y la susceptibilidad al herbicida glifosato facilitan el control de esta maleza en el cultivo de soja, que en general se siembra más tarde que el maíz. Esta diferencia reduce la posibilidad que ocurran flujos de emergencia luego de la aplicación postemergente de glifosato. Además aunque se produjeran emergencias tardías, estas serían menos competitivas para el

cultivo. El número de plantas de *U. panicoides* que emergieron previo a la siembra de soja (20 de octubre), representó el 80 % de la emergencia acumulada en toda la campaña. Estos individuos fueron eliminados con la aplicación de glifosato a la siembra. Una segunda aplicación del mismo herbicida en postemergencia del cultivo eliminó el 20 % restante de la población de plantas emergidas, evitándose la producción de semillas. Por lo tanto, en presencia del cultivo solo se presentan los datos de las parcelas sin glifosato (Fig. 5.3). La inclusión de parcelas sin cultivo en las que se aplicó glifosato, permite corroborar la importancia que tienen los procesos de establecimiento y competencia en la producción de descendencia de la maleza. En ausencia del cultivo, unos pocos individuos establecidos luego de la aplicación postemergente de glifosato incrementaron en gran medida su fecundidad y lograron una producción de semillas similar a las de los tratamientos que no recibieron el herbicida (Fig. 5.3).

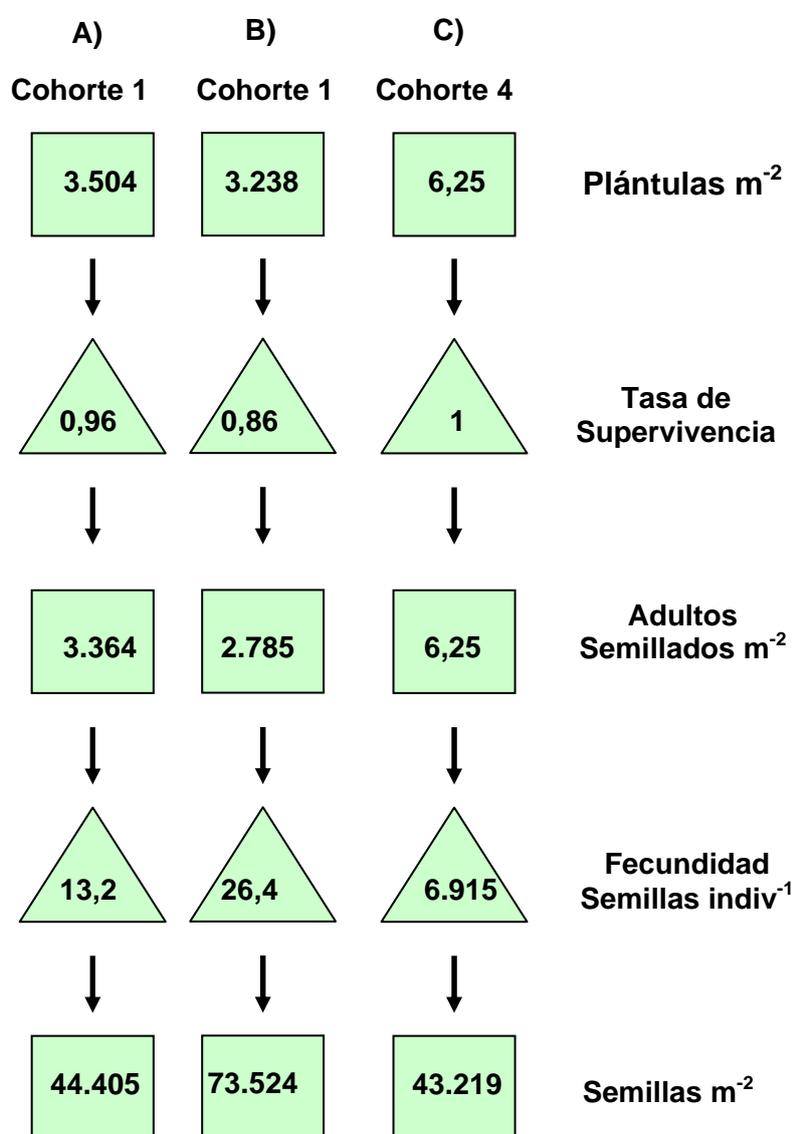


Figura 5.3: Tabla de vida de *U. panicoides* en el experimento de soja (campaña 2008-2009): A) Sin cultivo sin glifosato, cohorte 1; B) Soja sin glifosato, cohorte 1; C) sin cultivo con glifosato, cohorte 4.

Cepeda (2002) estudió la dinámica del banco de semillas de *Tagetes minuta* en cultivos de maíz y soja, obteniendo resultados similares a los presentados en este trabajo con *U. panicoides*. En ambas especies de maleza, la reposición del banco de semillas estuvo asociada al cultivo de maíz. Unas pocas plantas que lograron sobrevivir a los herbicidas utilizados en este cultivo lograron producir muchas semillas. Por el contrario, en el cultivo de soja, la alta eficacia del herbicida glifosato permitió eliminar el aporte de semillas al banco del suelo.

La emergencia temprana de *U. panicoides* durante la primavera le conferiría una alta habilidad competitiva con los cultivos y otras especies malezas. Conocer los factores ambientales que regulan los cambios en el nivel de dormición y germinación de esta especie permitirá diseñar estrategias de manejo y control orientadas a disminuir la presencia de la maleza en el lote y la reposición de semillas al banco del suelo. Prácticas de manejo orientadas a mejorar la habilidad competitiva del cultivo, la siembra de cultivos de cobertura y la rotación con cultivos que aporten residuos al suelo modifican los factores ambientales que regulan la emergencia, establecimiento y la tasa reproductiva de la maleza. De esta manera, sería posible disminuir las pérdidas de rendimiento del cultivo y mantener la densidad poblacional de *U. panicoides* en niveles aceptables.

## LINEAS FUTURAS

Los resultados de este trabajo demostraron que *U. panicoides* emerge temprano (inicios de primavera) cuando la humedad del suelo no es limitante, sin embargo, para poder predecir la emergencia de esta especie, sería necesario realizar nuevos estudios a campo y en condiciones controladas incorporando el estado hídrico del suelo dentro del modelo.

Estudios del banco de semillas de *U. panicoides* serían de gran utilidad para complementar la información obtenida en este trabajo, en donde sólo se cuantificó la producción de las mismas. Dichos estudios podrían estar enmarcados en experimentos de largo plazo, monitoreándose el banco de semillas bajo diferentes rotaciones y manejo de los cultivos.

La estrategia de incluir cultivos que aporten cobertura al suelo como herramienta para reducir el número de plantas establecidas de esta maleza, debería ser puesta a prueba ya que los residuos podrían dificultar la llegada de los herbicidas preemergentes al suelo.

Estudios de interferencia de *U. panicoides* en el cultivo de maíz serían de gran utilidad, ya que facilitarían la toma de decisión respecto de la necesidad o no de controlar las plantas que escapan a los herbicidas preemergentes.

Por último es de interés conocer cuáles son los factores que reducen la efectividad de las acetoanilidas sobre *U. panicoides* en condiciones de campo. Además de las precipitaciones, factores como la posición de las semillas en el perfil del suelo, la presencia de residuos vegetales sobre el mismo y la distribución del herbicida deberían ser considerados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aapresid (2010). Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. [http://www.aapresid.org.ar/images/cms/assets/docs/aapresid.evolucion\\_sd\\_en\\_argentina\\_2009.pdf](http://www.aapresid.org.ar/images/cms/assets/docs/aapresid.evolucion_sd_en_argentina_2009.pdf).
- Adámoli J.M., Goldberg A.D. y Soriano A. (1973). El desbloqueo de las semillas de chamico (*Datura ferox* L.) enterradas en el suelo: análisis de los factores causales. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, serie 2*, 10, 209-222.
- Adkins S.W, Wills D., Boersma M., Walker S.R, Robinson G., Mcleod R.J y Einam J.P. (1997). Weeds resistant to chlorsulfuron and atrazine from the north-east grain region of Australia. *Weed Research* 37, 343-349.
- Alford J.L., Hayes R.M., Rhodes Jr G.N., Steckel L.E. y Mueller T.C. (2005). Broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) interference in corn. *Weed Science* 531, 97-100.
- Baskin J.M. y Baskin C.C. (1977). Role of temperature in the germination ecology of three summer annual weeds. *Oecología* 30, 377-382.
- Baskin J.M. y Baskin C.C. (1984). Role of temperature in regulating timing of germination in soil seed reserves of *Lamium purpureum* (L.) *Weed Research* 24, 341-349.
- Batlla, D. y Benech-Arnold, R.L. (2010) Predicting changes in dormancy level in natural seed soil banks. *Plant Molecular Biology* 73, 3-13.
- Batlla D, Kruk B.C. y Benech-Arnold R.L. (2000). Very early detection of canopy presence by seeds through perception of subtle modifications in red:far red signals. *Functional Ecology* 14, 195-202.
- Benech-Arnold R.L. y Sánchez R.A. (1995) Modelling weed seed germination. In Kigel J. and G. Gallili (eds.) Marcel Dekker Inc. New York. Seed development and germination. pp. 545-566.
- Benech-Arnold R., Ghera C, Sanchez R.A. y García Fernandez A. (1988). The role of fluctuating temperatures in the germination and establishment of *Sorghum halepense* (L.) Pers. Regulation of germination under leaf canopies. *Functional Ecology* 2, 311-318.
- Benech-Arnold R., Sánchez R., Forcella F., Kruk B. y Ghera C. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research* 67, 105-122.
- Bewley J.D y Black M. (1982). *Physiology and Biochemistry of seeds in relation to germination*. Vol 2 Springer Verlag, Berlin.
- Bewley J.D. y Black M. (1994) *Seed: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York.

- Boutsalis P. y Preston C. (2008). Glycines (G/9) resistance weeds by species and country. <http://www.weedscience.org/Summary/UspeciesMOA.asp?lstMOAID=12>.
- Bouwmeester H.J. y Karssen C.M. (1992). The dual role of temperature in the regulation of seasonal changes in dormancy and germination of seeds of *Polygonum persicaria* L. *Oecología* 90, 88-94.
- Buhler D.D., Mester T.C. y Kohler K.A. (1996). The effect of maize residues and tillage on emergence of *Setaria faberi*, *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album*. *Weed Research* 36, 153-165.
- Buhler D.D. (1999). Expanding the Context of Weed Management, The Haworth Press, Inc.2: 01-07
- Burke I.C., Thomas W.E., Spears J.F. y Wilcut J.W. (2003). Influence of environmental factors on broadleaf signalgrass(*Brachiaria platyphylla*) germination. *Weed Science* 51, 683-689.
- Cepeda S.A. (2002). Dinámica del banco de semillas de *Tagetes minuta* (L.) bajo distintos sistemas de labranza y cultivo. Tesis de maestría de la Universidad de Buenos Aires. 222 p.
- Chamble R.W., Thompson L. y Coble H.D. (1982)a. Management of Broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) in peanuts (*Arachis hipogea*) with herbicides. *Weed Science* 30, 40-44.
- Chamble R.W., Thompson L. y Coble H.D. (1982)b. Interference of Broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) in peanuts (*Arachis hipogaea*). *Weed Science* 30, 45-49.
- Chantre G.R., Batlla D., Sabbatini M.R. y Orioli G.A. (2009) Germination parameterization and development of an after-ripening thermal-time model for primary dormancy release of *Lithospermum arvense* seeds. *Annals of Botany* **103**, 1291-1301.
- Christensen M., Meyer S.E. y Allen P.S. (1996). A hydrothermal time model of seed after-ripening in *Bromus tectorum* L. *Seed Science Research* 6, 1-9.
- Christensen Bauer M., Meyer S.E. y Allen P.S. (1998). A simulation model to predict seed dormancy loss in the field for *Bromus tectorum* L. *Journal of Experimental Botany* 49 (324), 1235-1244.
- Cousens R. y Mortimer M. (1995). Dynamics of weed populations. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Covell S., Ellis R.H., Roberts E.H. y Summerfield R.J. (1986). The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of Chickpea, lentil, soyabean and cowpea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany* 37, 705-715.

de Abelleyra (2008). Modelización del crecimiento de gramón (*Cynodon dactylon* (L.) en cultivos de soja, maíz y girasol. Tesis de Maestría, Escuela para Graduados de la Facultad de Agronomía, UBA.

de Miguel, L.C. and Soriano, A. (1974). The breakage of dormancy in *Datura ferox* seeds as an effect of water absorption. *Weed Res.* 14, 265-270.

Dieleman J.A. y Mortensen D.A. (1999). Influence of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and common sunflower (*Helianthus annuus*) density variation on weed management outcomes. *Weed Science* 47, 81-89.

Dowler C.C. (1998). Weed survey-southern states. *Proc South. Weed Science* 51, 299-313.

Elmore C.D, Heatherly L.G. y Wesley R.A. (1995). Weed control in no till doublecrop soybean (*Glycine max*) following winter wheat (*Triticum aestivum*) on a clay soil. *Weed Technology* 9, 306-315

Faccini D y Vitta J. (2007). Efecto de la profundidad de siembra, cobertura de rastrojo y ambiente termico sobre la germinación y emergencia de *Amaranthus quitensis* K. *Agriscientia* XXIV, 19-27.

Faya de Falcón L. y Papa J.C. (2001). El modo de acción de los herbicidas y su relación con los síntomas de daño. INTA: Centro Regional Entre Ríos- EEA Paraná y Centro Regional Santa Fe- EEA Oliveros. 94 p. (ISBN: 987-521-035-8)

Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T. y Pennington J.S. (1971). Stage development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.* 11, 929-931.

Fenner M. (1980). The induction of light-requirement in *Bidens pilosa* seeds by leaf canopy shade. *New Phytologist* 84, 103-106.

Fernandez-Quintanilla C. (1988). Studying the population dynamics of weeds. *Weed Research* 28, 443-447.

Fernandez-Quintanilla C., Saavedra M. y García Torres L. (1991). Ecología de las malas hierbas. En: García Torres, L. y Fernandez-Quintanilla, C. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid, Mundi-Prensa.

Fernandez-Quintanilla C., Navarrette L., Torner C. y Andujar J.L. (1987). Influence of herbicide treatments on the population dynamics of *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman in winter wheat crops. *Weed Research* 27, 375-383.

Forcella F., Benech-Arnold R.L, Sanchez R. y Ghersa C.M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crops Research* 67, 123-139.

García-Huidobro J., Monteith J.L., Squire G.R. (1982). Time, temperature and germination of pearl millet (*pennisetum typoides*, S & H). I. Constant temperature. *Journal of Experimental Botany* 33, 288-296.

- Ghersa C.M., Benech-Arnold R.L. y Martínez Ghersa M.A. (1992). The role of fluctuating temperatures in germination and establishment of *Sorghum halepense* (L.) Pers. II. Regulation of germination at increasing depths. *Functional Ecology* 6, 460-468.
- Ghersa C.M., Benech-Arnold R.L., Satorre E.H y Martínez-Ghersa M.A. (2000). Advances in weed management strategies. *Field Crops Research* 67, 95-104
- González-Andujar J.L. y Fernández-Quintanilla C. (1991). Modelling the population dynamics of *Avena sterilis* under dry-land cereal cropping systems. *J. Appl. Ecol.* 28, 16-27.
- Górski T. (1975) Germination of seeds in the shadow of plants. *Physiologia Plantarum* 34, 342-346.
- Hartzler R.G y Roth G.W. (1993). Effect of prior year's weed control on herbicide effectiveness in corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 7, 611-614.
- Hegarty T.W. (1973) Temperature coefficient (Q<sub>10</sub>), seed germination and other biological processes. *Nature* 243, 305-306.
- Hume L., Tessier S. y Dyck F.B. (1991). Tillage and rotation influences on weed community composition in wheat (*Triticum aestivum* L.) in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* 71, 783-789.
- Infostat. (2008). Software estadístico. Grupo InfoStat, Estadística y Biometría y de Diseño de Experimentos de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC).
- Johnson W.C. y Coble H.D. (1986). Crop rotation and herbicide effects on the population dynamics of two annual grasses. *Weed Science* 34, 452-456.
- Karssen C.M. (1982). Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. In: A. Khan (ed). *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier biomedical Press, Amsterdam. Pp. 243-270.
- Kruk B. (2002). Análisis funcional y cuantitativo de la emergencia de especies maleza en el cultivo de trigo. Tesis de doctorado de la Universidad de Buenos Aires. 190 p.
- Kruk B.C. y Benech-Arnold R.L. (1998). Functional and quantitative analysis of seed thermal responses in prostrate Knotweed (*Polygonum aviculare*) and common purslane (*Portulaca oleracea*). *Weed Science* 46, 83-90.
- Kruk B. y Benech-Arnold R. (2000) Evaluation of dormancy and germination responses to temperature in *Carduus acanthoides* and *Anagallis arvensis* using a screening system, and relationship with field-observed emergence patterns. *Seed Science Research*, 10, 77-88.
- Kruk B., Insausti P., Razul A. y Benech-Arnold R. (2006). Light and thermal environments as modified by a wheat crop: effects on weed seed germination. *Journal of Applied Ecology* 43, 227-236.

- Leguizamón E. (2001). Transgenic crops in Argentina: present status & implications. *AgBiotechnet*. 3. December ABN 077. Disponible en: <http://www.agbiotechnet.com/Reviews.asp?action=display&openMenu=relatedItems&ReviewID=677&year=2001>.
- Leguizamón E.S., Ferrari G. y Lewis J.P (2006). Las comunidades de malezas de soja en la región pampeana argentina: monitoreo de cambios bajo el sistema de siembra directa. En: Congreso Mercosoja, 137-141, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Leguizamón E.S, Rodríguez N, Rainero H., Perez M., Perez L., Zorza E. y Fernandez-Quintanilla C. (2008). Modelling the emergence pattern of six summer annual weed grasses under no tillage systems in Argentina. *Weed Research* 49, 98-106.
- Lindquist J.L., Maxwell B.D., Buhler D.D. and Gunsolus J.L. (1995). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) recruitment, survival, seed production, and interference in soybean (*Glycine max.*) *Weed Science* 43: 226-232.
- Liphadzi K.B y Dille J.A. (2006). Annual weed competitiveness as affected by preemergence herbicide in corn. *Weed Science* 54, 156-165.
- MAGyA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentos) (2010). Información agropecuaria. Disponible en: <http://magya.cba.gov.ar/section.php?module=pagina&id=261> Consultado: 02/09/2010.
- Morrone O. y Zuloaga F.O. (1992). Revisión de las especies sudamericanas nativas e introducidas de los géneros *Brachiaria* y *Urochloa*. *DARWINIANA* 31, 43-109.
- Mortimer A.M. y Maxwell B.D. (1994) Selection for herbicide resistance. In: Powles, S.B, Holtum, J.A.M. (Eds.), *Herbicide resistance in plants: Biology and Biochemistry*. CRC Press, FL, p. 1-25.
- Mueller T.C. y Hayes R.M. (1997). Effect of tillage and soil-applied herbicides on broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) control in corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 114, 698-703.
- Norris R.F. 2007. Weed fecundity: current status and future needs. *Crop Prot.* 26, 182–188.
- Norsworthy J.K y Frederick J.R. (2005). Integrated weed management strategies for maíz (*Zea mays*) production on the southeastern coastal plains of North America. *Crop protection* 24, 119-126.
- Pons T.L. (1992) Seed responses to light. In Fenner M. (ed.) *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. C.A.B. International, Wallingford Chapter 9: p. 259-284.
- Powles, SB. (2008). Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. *Review Pest Management Science Pest Manag Sci*, 64, 360–365.

- Probert R.J. (1992). The role of temperature in germination ecophysiology. In: Fenner, M. (ed.) *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Wallingford, UK, p. 285-325.
- Pritchard H.W., Steadman K.J., Nash J.V. y Jones C. (1999) Kinetics of dormancy release and the high temperature germination response in *Aesculus hippocastanum* seeds. *Journal of Experimental Botany* 50, 1507-1514
- Puricelli E. y Tuesca D. (2005). Weed density and diversity under glyphosate-resistant crop sequences. *Crop Protection* 24, 533-542.
- Radosevich S.R., Holt J. y Ghersa C.M. (1997). *Weed Ecology: Implications for Management*, Wiley, New York.
- Radosevich S.R., Holt J. y Ghersa C.M. (2007). Plant-Plant associations. In: *Ecology of weeds and invasive plants*. John Wiley & Sons, Inc.
- Reisman-Berman O., Kigel, J. y Rubin B. (1991). Dormancy patterns in buried seed of *Datura ferox* L. *Can. J. Bot.* 69, 173-179.
- Scopel A.L., Ballaré C.L. y Sánchez R.A. (1991) Induction of extreme light sensitivity in buried weed seeds and its role in the perception of soil cultivations. *Plant, Cell and Environment* 14, 501-508.
- Schmenk R. y Kells J.J. (1998). Effect of soil-applied atrazine and pendimethalin on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) competitiveness in corn (*Zea mays*). *Weed Technol* 12, 47-52.
- Scursoni J. y Satorre E. (2010). Glyphosate management strategies, weed diversity and soybean yield in Argentina. *Crop Protection* 29, 957-962.
- Scursoni J., Benech-Arnold R. y Hirchoren H. (1999). Demography of wild oat in Barley crops: Effect of crop, sowing rate, and herbicide treatment. *Agron. J.* 91, 478-485.
- Scursoni J.A, Forcella F. y Gunsolus J. (2007). Weed escapes and delayed weed emergence in glyphosate-resistant soybean. *Crop Protection* 26, 212-218.
- Steinmaus S.J, Prather T.S. y Holt J.S. (2000). Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51, 275-286.
- Taylor K.L. y Hartzler R.G (2000). Effect of seed bank augmentation on herbicide efficacy. *Weed Technology* 14, 261-267.
- Teuton T.C, Brecke B.J., Unruh J.B, MacDonald G.E., Miller G.L. y Ducar J.T. (2004). Factors affecting seed germination of tropical signalgrass (*Urochloa subquadriflora*). *Weed Science* 52, 376-381.

Theisen G., Vidal R.A. y Fleck N.G. (2000). Reduction of *Brachiaria plantaginea* infestation on soybean crop with black oat residues. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 35, 753-756.

Thompson P.A. y Fox D.J.C. (1976) The germination responses of vegetable seeds in relation to their history of cultivation by man. *Scientiae Horticulturae* 4, 1-14.

Thompson K. y Grime J.P. (1983). A comparative study of germination response to diurnal fluctuation temperatures. *Journal of Applied Ecology* 20, 141-156.

Tuesca D., Puricelli E. y Papa J.C. (2001). A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Research* 41, 369-382.

Tuesca D. y Puricelli E. (2007). Effect of tillage systems and herbicide treatments on weed abundance and diversity in a glyphosate resistant crop rotation. *Crop Protection* 26, 1765-1770.

Ustarroz D. y Puricelli E. (2010). Efficacy of atrazine and metolaclor on *Brachiaria panicoides* and *Digitaria sanguinalis*. PAN - AMERICAN WEED RESISTANCE CONFERENCE (Abstract). Miami Beach, Florida, USA.

Vegis A. (1964). Dormancy in higher plants. *Annual review of plant physiology* 15, 185-224.

Verdú A.M.C y Mas M.T (2006). Cohort dependent seedling recruitment, survival and reproductive capacity of *Tribulus terrestris*. *Weed Research* 46, 371-378

Vila-Aiub M.M, Vidal R.A, Balbi M.C, Gundel P.E, Trucco F. y Ghersa C.M. (2008). Glyphosate-resistant weeds of South American cropping systems: an overview. *Pest Manag Sci.* 64, 366-71.

Vitta J., Faccini D., Nisensohn L., Puricelli E., Tuesca D. y Leguizamón E. (1999). Las malezas en la región sojera núcleo Argentina: situación actual y perspectivas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Voll E., Gazziero D.L.P. y Karam D. (1995). Population Dynamics of *Brachiaria plantaginea* (link) hitch by soil and herbicide managements. 1 Survival. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 3012, 1387-1396.

Wang R., Bai Y. y Tanino K. (2004) Effect of seed size and sub-zero imbibition-temperature on the thermal time model of winterfat (*Eurotia lanata* (Pursh) Moq.). *Environmental and Experimental Botany* 51, 183-197.

Washitani I. y Takenaka A. (1984a). Germination responses of a non-dormant seed population of *Amaranthus patulus* Bertol. to constant temperatures in the suboptimal range. *Plant, cell and Environment* 7, 353-358.

Washitani I. (1985). Germination-rate dependency on temperature of *Geranium carolinianum* seeds. *Journal of Experimental Botany* 36, 330-337.

Washitani I. (1987) A convenient screening test system and a model for thermal germination responses of wild plants seeds: behaviour of model and real seed in the system. *Plant, Cell & Environment* 10, 587-598.

Washitani I.y Masuda M. (1990) A comparative study of the germination characteristics of seed from a moist tall grassland community. *Functional Ecology* 4, 543-557.

## ANEXO

Tabla A.1 Precipitaciones mensuales históricas (mm) de Manfredi y registradas durante la postmaduración de las semillas en el 2008

|                  | <b>Marzo</b> | <b>Abril</b> | <b>Mayo</b> | <b>Junio</b> | <b>Julio</b> | <b>agosto</b> |
|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| <b>Histórico</b> | 104,7        | 53,3         | 21,6        | 11,8         | 10,9         | 11,3          |
| <b>2008</b>      | 129,0        | 43,0         | 17,5        | 4,0          | 0            | 0             |

Tabla A.2. Precipitaciones mensuales históricas (mm) y registradas durante los ensayos en Manfredi

|                  | <b>Histórico</b> | <b>2007-2008</b> | <b>2008-2009</b> | <b>2009-2010</b> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Octubre</b>   | 79,5             | 35,0             | 88,5             | 14,0             |
| <b>Noviembre</b> | 100,2            | 16,5             | 114,0            | 48,0             |
| <b>Diciembre</b> | 121,8            | 66,5             | 60,5             | 282,5            |
| <b>Enero</b>     | 119,4            | 144,0            | 84,0             | 117,5            |
| <b>Febrero</b>   | 95,4             | 132,5            | 63,0             | 162,0            |
| <b>Marzo</b>     | 102,2            | 129,0            | 98,5             | 71,5             |
| <b>Abril</b>     | 22,6             | 43,0             | 10,0             | 87,0             |