

**AJUSTE DE LA EMERGENCIA DE *Conyza sumatrensis* A UN MODELO PREDICTIVO  
Y SU RELACION CON ESPECIES ACOMPAÑANTES**

Trabajo Final de Grado  
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 5 de Noviembre de 2020.

**AJUSTE DE LA EMERGENCIA DE *Conyza sumatrensis* A UN MODELO PREDICTIVO  
Y SU RELACION CON ESPECIES ACOMPAÑANTES**

Trabajo Final de Grado  
del alumno

**LARROUY PATRICIO**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Cepeda Sergio  
**Evaluador**

Buono Alejandro  
**Evaluador**

Omar Bazigalupi  
**Evaluador**

Picapietra Gabriel  
**Co-Director**

Acciaresi Horacio  
**Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 5 de Noviembre de 2020.

## AGRADECIMIENTOS

Cada día es un nuevo inicio en esta profesión, donde no hay un momento cúlmine. Pero llegado este momento agradezco a cada persona que me eh cruzado en dicho contexto.

A mi familia, mi mujer **Antonela Malonni** y mi hija **Lihue**, que son mis motores. A mis padres y hermanos, por ser el soporte ante los pormenores acontecidos.

A mis compañeros amigos, con los cuales viví infinitas historias que dudo poder borrar.

Al equipo conformado para dicho trabajo, al Dr. Ing. Agrónomo **Horacio Acciaresi**, y mi gran amigo y co-director, Ing. Agrónomo **Gabriel Picapietra**, excelentísimos profesionales y personas, donde me guiaron de inicio a fin.

A cada profesional y compañero de empleo que eh conocido durante el transcurso de mi carrea, donde me han dado su apoyo para poder concretar esta meta.

## INDICE

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
Germinación y emergencia.....	6
Crecimiento y desarrollo de plántulas.....	7
Resistencia a herbicidas.....	7
Control químico.....	8
Modelos predictivos de la emergencia.....	8
Empleo de modelos de emergencia para un manejo racional.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
HIPÓTESIS.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Unidad experimental.....	12
Recuento de plántulas.....	12
Emergencia acumulada y tiempo térmico.....	12
Ajuste y selección de los modelos.....	13
Comparación de los períodos de emergencia.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
Número de plántulas emergidas.....	15
Ajuste de los modelos de emergencia.....	16
Período de emergencia.....	19
CONCLUSIONES.....	21
BIBLIOGRAFÍA.....	22

# AJUSTE DE LA EMERGENCIA DE *Conyza sumatrensis* A UN MODELO PREDICTIVO Y SU RELACION CON ESPECIES ACOMPAÑANTES

## RESUMEN

Rama negra (*Conyza* spp.) es una de las malezas más importantes a nivel mundial debido a su facilidad de dispersión, su baja susceptibilidad a herbicidas y al impacto negativo que puede generar en los cultivos. Para comprender la dinámica en la emergencia de plántulas durante el período de barbecho, es importante conocer su comportamiento en condiciones de campo y la relación con la emergencia de otras malezas. El objetivo de este trabajo fue ajustar la emergencia de *Conyza sumatrensis* a un modelo no lineal en función del tiempo térmico basado en la temperatura del aire. Para ello se realizó un experimento en la EEA INTA Pergamino desde abril a octubre de 2017, donde se cuantificó el flujo de emergencia de las plántulas de esta maleza junto a otras especies acompañantes *Lamium amplexicaule*, *Bowlesia incana* y *Gamochaeta spicata*. Se realizaron recuentos de tipo destructivo en cuatro estaciones fijas de 0,25 m<sup>2</sup> cada quince días y se calculó el porcentaje de emergencia acumulado. Luego se evaluó el ajuste de los modelos Logístico y Gompertz y, además, se calculó la emergencia efectiva y potencial para cada especie. Las emergencias de *C. sumatrensis* y *G. spicata* tuvieron un mejor ajuste al modelo Logístico, mientras que *B. incana* y *L. amplexicaule* se ajustaron mejor al modelo de Gompertz. Se determinó que el período de emergencia efectiva entre las malezas estudiadas no tuvo diferencias significativas, mientras que el período de emergencia potencial de *B. incana* fue menor al de *L. amplexicaule*, *G. spicata* y *C. bonariensis*. El requerimiento de tiempo térmico acumulado para lograr el 99% de plántulas emergidas fue superior para *G. spicata* (1417 °C d), seguido por *L. amplexicaule* y *C. sumatrensis* (alrededor de 1000 °C d) y *B. incana* fue la especie que menor tiempo requirió (649 °C d). El abordaje de este estudio aporta el conocimiento de la dinámica de emergencia de malezas en condiciones de campo como una herramienta que puede ser utilizada como soporte para la toma de decisiones y, de esta manera, contribuir a un verdadero manejo racional de malezas.

**Palabras claves:** Gompertz, Logístico, *Bowlesia incana*, *Gamochaeta spicata*, *Lamium amplexicaule*.

## INTRODUCCIÓN

El género *Conyza* pertenece a la familia de las Asteráceas e incluye aproximadamente 60 especies, las cuales se distribuyen en casi todo el mundo en zonas templadas y subtropicales (Theabaud y Abbott, 1995). En Argentina, el género *Conyza* es conocido vulgarmente como “rama negra”, “mata negra” o “carnicera”, entre otros nombres comunes (Burkart, 1973).

La especie *Conyza sumatrensis* es originaria de Sudamérica, pero en la actualidad se encuentra dispersa por todo el mundo, en particular en el centro de África, Oceanía, América Central, Japón y en Europa (Holm *et al.*, 1997), debido a su gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones de suelo y climáticas (Sansom *et al.*, 2013).

Es una hierba anual de hasta 2 m de altura, con tallo ramificado, hojas sésiles, las inferiores estrechamente obovadas, enteras o lobadas, ápice agudo o subagudo y atenuadas en la base, las superiores lineales y de margen entero (Lazaroto *et al.*, 2008).

### Germinación y emergencia

*C. sumatrensis* se multiplica por semillas, las cuales germinan principalmente en otoño e invierno, aunque un pequeño porcentaje de las semillas producidas son capaces de germinar en primavera. Las que emergen en invierno pasan por un estado de roseta, caracterizado por la diferenciación y elongación foliar, luego en primavera se produce la elongación del tallo y en verano florecen (Loux, 2008).

Si bien las semillas de *C. sumatrensis* no presentan dormición (Gianelli *et al.*, 2017), de las especies acompañantes durante el barbecho, se sabe que *L. amplexicaule* posee dormición de sus semillas (Hill, 2014), mientras que las semillas de *B. incana* podrían poseer algún tipo de dormición (Pake y Venable, 1996) y las semillas del género *Gamochaeta* podrían tener dormición profunda (Cavieres y Sierra-Almeida, 2018). La temperatura base, óptima y máxima para la germinación de semillas de *Conyza* spp. es de 4,2, 20 y 35°C, respectivamente (Steinamus *et al.*, 2000).

El tipo de suelo y la profundidad de siembra tienen un efecto significativo sobre la persistencia y emergencia de *Conyza* spp, emergiendo predominantemente sobre la

superficie del suelo, a una profundidad de 0,5 cm. En cuanto a la persistencia en suelos de textura ligera, las semillas tienen una longevidad mayor con respecto al de textura pesada (Wu *et al.*, 2007). Esto resulta un problema ante los sistemas de labranza mínima, como en los sistemas de siembra directa, que proveen condiciones de humedad para una mejor emergencia comparada con el sistema de labranza convencional (Loux *et al.*, 2004).

Si bien se sabe que para el inicio de la emergencia de plántulas no hay diferencias entre los sistemas de labranza, se ha encontrado una diferencia en los niveles poblacionales, teniendo una menor densidad de plantas en suelos no trabajados. Este efecto se debe a la aparición de otras especies más competitivas y a la poca disponibilidad de recursos que garanticen el crecimiento y reproducción (Tozzi y Van Acker, 2014).

### **Crecimiento y desarrollo de plántulas**

La cohorte emergida de forma temprana, a principio de otoño, alcanza la floración de forma anticipada y presenta plantas con mayor altura y menor mortalidad que las plantas emergidas de forma tardía. Cada individuo de *Conyza* puede producir varios capítulos con 30–50 semillas cada uno. Estas tienen una estructura pilosa (papus), la cual facilita la dispersión a través del viento y le da gran impacto en la dinámica poblacional (Dauer *et al.*, 2007). La prolífica producción de semillas sugiere la capacidad de *Conyza* spp. para construir bancos de semillas en un tiempo corto y, por lo tanto, tendría un gran impacto en el cultivo posterior (Wu *et al.*, 2007).

Por otra parte, las plantas de *Conyza* spp. emergidas de forma tardía poseen un corto tiempo hasta la floración, teniendo una fuerte relación con los requerimientos de nutrientes demandados en un tiempo tan breve (Tozzi y Van Acker, 2014).

### **Resistencia a herbicidas**

A nivel mundial, los primeros casos de *Conyza sumatrensis* resistentes a glifosato surgieron en 2009 en España, Brasil y Grecia (González-Torralva *et al.*, 2013) y dos años después en Brasil se detectó un biotipo con resistencia múltiple a glifosato y clorimuron-etil (Santos *et al.*, 2014). Inicialmente, las especies de *Conyza* spp. en Argentina fueron

consideradas como tolerantes a glifosato (Tuesca *et al.*, 2009). Sin embargo, un estudio realizado con individuos de *C. bonariensis* y *C. sumatrensis* del departamento de Paraná (Entre Ríos) determinó que se trataba de resistencia y cuyos índices de resistencia eran de 6,4 y 4 para cada biotipo, respectivamente (Puricelli *et al.*, 2015).

### **Control químico**

El uso de herbicidas en etapas tempranas del barbecho puede tener un efecto negativo en el desarrollo de la comunidad de malezas de invierno (Sansom *et al.*, 2013). Debido a que *Conyza* posee un amplio período de emergencia respecto a las demás especies presentes, puede incrementarse el número de plantas por superficie debido a la eliminación de otras malezas (*Gamochoaeta spicata*, *Bowlesia incana* y *Lamium amplexicaule*) y que pueden interferir en el proceso de su emergencia (Davis *et al.*, 2010).

Contemplando que se han hallado biotipos resistentes de *Conyza* spp., Beckie (2009) recomienda la aplicación conjunta de herbicidas con más de un modo de acción y su rotación para reducir la probabilidad de selección por resistencia.

Varios autores observaron que el estado vegetativo de *Conyza* spp. es el momento oportuno para un control efectivo (González-Torralva *et al.*, 2010), pues a medida que avanza su estado de desarrollo (próximos a estados reproductivos) disminuye la eficiencia de cualquier modo de acción empleado. Se estima que entre que los 10-15 cm de altura, el herbicida glifosato a 200 g i.a./ha, puede llegar a reducir alrededor del 80% de biomasa, con una posibilidad de rebrote, debido a una mayor acumulación de biomasa en raíces, mientras que en el estado de roseta con 6-8 hojas se logró un reducción de casi el 100% de biomasa para una dosis de 25 g i.a./ha con la aplicación del mismo herbicida (De Prado, 2007).

### **Modelos predictivos de la emergencia**

El fenómeno de la emergencia de plántulas involucra a un conjunto de condiciones, por lo cual podría resultar difícil la estimación de un patrón que describa dicho proceso en el corto plazo (Grundy, 2003). Actualmente hay varios enfoques para desarrollar la predicción de la emergencia de las malezas, entre ellos, el uso de modelos predictivos mecanicistas y empíricos (González Andújar, 2010).



Los modelos mecanicistas tienen la ventaja de poder describir diferentes procesos fisiológicos de la emergencia de plántulas, desde la dormición de las semillas hasta el establecimiento (Forcella *et al.*, 2000). Estos modelos son complejos ya que requieren el conocimiento de los mecanismos e interacciones involucradas durante todo el proceso y, debido a la gran cantidad de datos requeridos, resultan poco viables por su difícil calibración o validación (Grundy, 2003). Pese a su uso limitado, conforman un gran aporte para el estudio y la investigación de modelos empíricos (Leblanc *et al.*, 2003).

Los modelos empíricos de emergencia de plántulas basados en un componente climático (temperatura o potencial del agua) son menos complejos que los modelos mecanicistas y pueden proveer información valiosa en tiempo real (Grundy y Mead, 2000), aunque podrían ser no tan precisos y explicativos como los modelos mecanicistas. Se estiman mediante relaciones matemáticas entre el porcentaje de emergencia acumulada y una variable independiente como, por ejemplo, el tiempo térmico expresado como grados día ( $^{\circ}\text{C d}$ ). Son de relativamente fácil obtención y pueden ser empleados con el aporte de poca información (Forcella, 1993).

Puesto que la temperatura es uno de los factores más importantes que regulan el proceso de emergencia, se han desarrollado modelos basados en el tiempo térmico, para predecir la emergencia de las plántulas de diversas malezas (Izquierdo *et al.*, 2009). El tiempo térmico ha sido utilizado con éxito debido a la naturaleza de la distribución de la semilla en el suelo de forma desigual, donde experimentan diferentes niveles de humedad y tiempo térmico del suelo. El uso del tiempo térmico mejora de forma sustancial en relación con el uso del tiempo cronológico como variable explicativa de la emergencia de malezas, tras la comprensión de que la emergencia de plántulas puede ser representada por una curva sigmoide como son las modeladas por las funciones de Gompertz o Logística (Brown y Mayer, 1988).

### **Empleo de modelos de emergencia para un manejo racional**

El objetivo de los modelos de regresión no lineal es predecir la aparición de malezas fácilmente y proporcionar una herramienta práctica para informar las decisiones de manejo. En este sentido, el ajuste previo de dichos modelos presenta varias limitaciones estadísticas que podrían afectar su precisión predictiva (Onofri *et al.*, 2010).

La adaptación de modelos de regresión no lineal requiere de buenos parámetros iniciales de estimaciones, y así evitar resultados con un alto nivel de error (Holmström y Petersson, 2002).

En cuanto a las limitaciones biológicas, los modelos que emplean el tiempo térmico, por ejemplo, están desarrollados según las condiciones ambientales, donde podrían usarse para predecir la aparición de malezas a través de diferentes años y regiones geográficas. Sin embargo, los resultados de validación muestran que los modelos empíricos pueden no ser precisos si las condiciones ambientales difieren significativamente de las condiciones originales en las cuales el experimento fue realizado (Izquierdo *et al.*, 2013).

Conocer la dinámica de emergencia de rama negra y su relación con otras especies presentes durante el mismo período, permitiría planificar una intervención oportuna de las diferentes medidas de control, como la aplicación de herbicidas residuales, la realización de labranzas o el manejo de cultivos de cobertura. Tener una predicción efectiva de la maleza estudiada permitiría proveer una herramienta de predicción en tiempo real para los agricultores y técnicos de la región. De esta manera se puede contribuir de manera real en el diseño de programa de manejo de malezas y la optimización de la aplicación de medidas de control (Grundy, 2003).

## OBJETIVO GENERAL

Estudiar la emergencia de plántulas de *Conyza sumatrensis* en condiciones de campo y su relación con la emergencia de malezas acompañantes.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ajustar la emergencia de plántulas de *Conyza sumatrensis*, *Gamochaeta spicata*, *Lamium amplexicaule* y *Bowlesia incana* a un modelo matemático en función del tiempo térmico.
- Determinar y comparar la emergencia efectiva y potencial de plántulas de *Conyza sumatrensis* con las tres malezas acompañantes: *Gamochaeta spicata*, *Bowlesia incana* y *Lamium amplexicaule*
- Determinar los requerimientos del tiempo térmico para el 99% de la emergencia de plántulas de *Conyza sumatrensis*, *Gamochaeta spicata*, *Bowlesia incana* y *Lamium amplexicaule* durante el período de barbecho.

## HIPÓTESIS

- La emergencia de plántulas de *Conyza sumatrensis* se ajusta a un modelo de Gompertz en función del tiempo térmico basado en la temperatura del aire.
- El periodo de emergencia efectiva y potencial de cada una de las tres especies acompañantes es inferior al de *Conyza sumatrensis*.
- El tiempo térmico obtenido para los potenciales máximos de emergencia son logrados en diferentes instancias para cada una de las especies evaluadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en 2017 en la EEA INTA Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler” (33°56'46,1" S; 60°33'46,7" O), sobre un lote de 5 ha de superficie, con 20 años de siembra directa, en un suelo argiudol típico serie Pergamino, con una textura franco-limosa, donde en los últimos tres años fueron cultivados con maíz, soja 1ra y trigo/soja 2da.

### Unidad experimental

El período en el cual se desarrolló el experimento coincidió con el barbecho entre la cosecha de soja (15/4) y la siembra de maíz, donde se establecieron cuatro estaciones fijas delimitadas por un marco metálico de 0,25 m<sup>2</sup> (50 cm x 50 cm).

De forma periódica se realizó un desmalezamiento con azada para eliminar las malezas que se encontraron alrededor de cada unidad experimental y evitar que interfirieran con la emergencia de plántulas dentro de la misma, a un metro desde el límite del marco.

### Recuento de plántulas

Los recuentos de tipo destructivo de plántulas emergidas (eliminación de las mismas) se realizaron cada quince días, con el cuidado de generar el menor disturbio posible sobre la superficie. Las especies evaluadas fueron *Conyza sumatrensis*, *Gamochaeta spicata*, *Bowlesia incana* y *Lamium amplexicaule*. El recuento finalizó cuando dejaron de registrarse nuevos nacimientos de estas especies (octubre).

### Emergencia acumulada y tiempo térmico

Con los datos obtenidos del número de plántulas emergidas se calculó el porcentaje acumulado de emergencia para cada recuento (Ec. 1). Al mismo tiempo se calculó el tiempo térmico acumulado (Ec. 2) desde el inicio del experimento para cada una de las malezas.

$$Em_i = \frac{E_i}{E_t} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

donde  $Em$  (%) es el porcentaje de emergencia acumulada y  $Ei$  es el número de plántulas acumuladas en un momento determinado y  $Et$  es el número de plántulas totales de la especie en cada estación.

$$TT = \sum_{i=1}^n (Ti - Tb) \quad (\text{Ec.2})$$

donde  $TT$  es el tiempo térmico acumulado,  $Ti$  es la temperatura media del aire (°C) y  $Tb$  es la temperatura base 4,2°C (Wu *et al.*, 2007).

### Ajuste y selección de los modelos

Fueron considerados dos modelos no lineales para el ajuste de la emergencia en función del  $TT$  (González-Andújar *et al.*, 2016):

Logístico 
$$Em = \frac{\alpha}{1 + (\beta e^{-\gamma TT})} \quad (\text{Ec. 3})$$

Gompertz 
$$Em = \alpha e^{(-\beta e^{(-\gamma TT)})} \quad (\text{Ec. 4})$$

donde  $Em$  (%) es el porcentaje de emergencia,  $\alpha$  es la asíntota máxima del modelo,  $\beta$  es un parámetro asociado al punto de inflexión en el eje  $x$ ,  $\gamma$  es la pendiente inicial (tasa de emergencia) y  $TT$  es el tiempo térmico.

Se seleccionó el modelo con el menor valor de la raíz del cuadrado medio error (*root-mean-square error RMSE*) (Ec. 5) y el menor criterio estadístico de información de Akaike (AIC) (Ec. 6) (Akaike, 1974).

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (y_o - y_e)^2} \quad (\text{Ec. 5})$$

donde  $n$  es el tamaño muestral,  $y_o$  es la  $Em$  observada en campo,  $y_e$  es la  $Em$  estimada por el modelo.

$$AIC = \ln \sigma^2 (p, q) + \frac{2(p+q)}{T} \quad (\text{Ec.6})$$

donde el término  $\ln \sigma^2 (p, q)$  es función de la verosimilitud y el término  $T$  es en función a los parámetros del modelo.

### Comparación de los períodos de emergencia

Para comparar los flujos de emergencia de las plántulas se determinaron los períodos de emergencia de las cuatro especies evaluadas y se calcularon tres indicadores que se describen a continuación. Luego, mediante un ANAVA se realizó una comparación de los indicadores en función de las malezas evaluadas.

En primer lugar, se estimó la emergencia efectiva (Ec. 7) que es el tiempo en el cual se produce la emergencia de las plántulas y se considera como la suma de los intervalos (determinados por las evaluaciones) en donde se han registrado nuevos nacimientos (Picapietra y Acciaresi, 2018).

$$Eme\ ef = \sum m_x \quad (Ec. 7)$$

donde *Eme ef* es la emergencia efectiva expresada en días y *m* es la duración (días) de los *x* recuentos en donde se hallará emergida la maleza.

En segundo lugar, se estimó la emergencia potencial (Ec. 8) que es el período establecido entre el registro de la primera plántula emergida y la última, sin considerar las etapas en donde la emergencia fuera nula (Picapietra y Acciaresi, 2018).

$$Eme\ pot = Ef - Ei \quad (Ec.8)$$

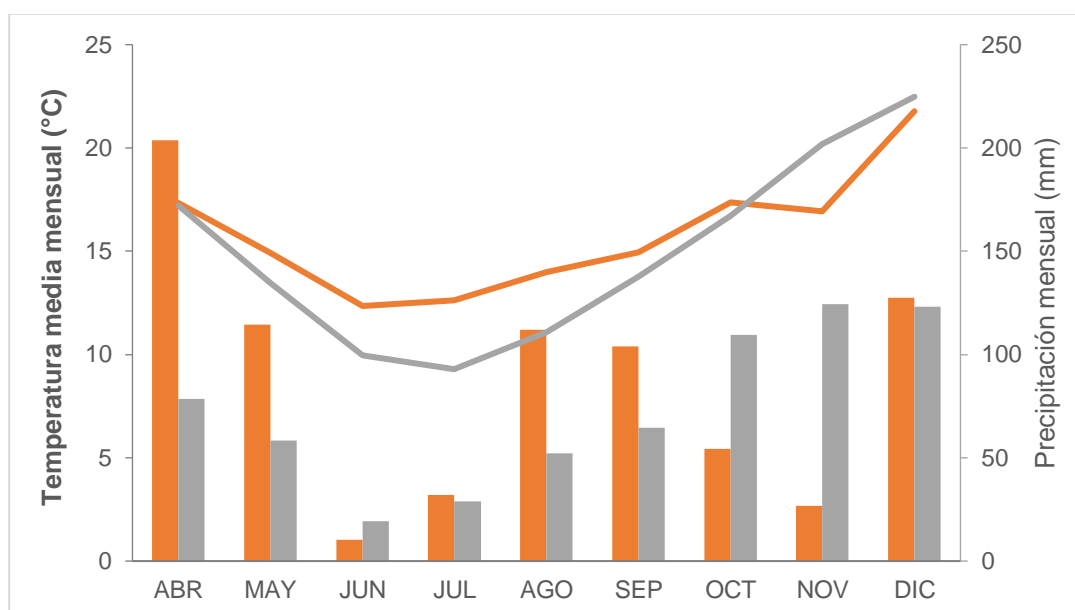
donde *Eme pot* es la emergencia potencial expresada en días, *Ef* es el momento del último registro de emergencia y *Ei* es el momento inicial de la emergencia de la maleza, ambos en días julianos.

Por último, se determinó el tiempo térmico necesario para lograr el 99% de la emergencia mediante la estimación basada en modelos ajustados previamente. Para ello se compararon los valores de tiempo térmico acumulado para estimar el 99% de la emergencia acumulada (TT<sub>99</sub>). Debido a la forma de obtención de estos valores, no fueron sometidos a una comparación estadística (n=1).

Todos los análisis fueron realizados en el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2019).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones meteorológicas durante el período de realización del experimento han mostrado un comportamiento similar al promedio histórico de los últimos 10 años (Figura 1). Las diferencias en las precipitaciones se observaron en el mes de abril, para el cual fueron 125 mm superiores al promedio, y en el mes de noviembre, con 98 mm menos. Por otra parte, las diferencias en las temperaturas se observaron en los meses de julio y agosto, con 3,3 y 2,9 °C por encima del promedio, respectivamente, y en noviembre, donde el promedio registrado fue de 3,3 °C por debajo del promedio histórico.



**Figura 1.** Temperatura media mensual del aire (°C, líneas) y precipitación mensual (mm, barras) durante el período del experimento (naranja) y promedio histórico de los últimos 10 años (gris). Datos del centro de Agrometeorología, EEA INTA Pergamino.

### Número de plántulas emergidas

Se observó que durante el período de realización del experimento, *C. sumatrensis* fue la especie con mayor cantidad de plántulas emergidas (297 pl/m<sup>2</sup>), seguida por *G. spicata* (101 pl/m<sup>2</sup>), *L. amplexicaule* (96 pl/m<sup>2</sup>) y por último *B. incana* (67 pl/m<sup>2</sup>) (Tabla 1). La mayor emergencia de plántulas se produjo predominantemente en otoño (junio), coincidiendo con las observaciones realizadas por Metzler *et al.* (2012), quienes

registraron el mayor flujo de emergencia de plántulas de *C. sumatrensis* durante ese período.

**Tabla 1.** Número de plántulas promedio de las cuatro estaciones de muestreo para cada momento de evaluación, de las cuatro especies consideradas en este estudio: *Conyza sumatrensis*, *Lamium amplexicaule*, *Gamochaeta spicata* y *Bowlesia incana*.

Fecha	Plántulas/m <sup>2</sup>			
	<i>C. sumatrensis</i>	<i>L. amplexicaule</i>	<i>G. spicata</i>	<i>B. incana</i>
15/04/2017	0	0	0	0
10/05/2017	90	33	4	31
23/05/2017	52	32	9	3
06/06/2017	35	3	3	11
21/06/2017	63	11	51	8
06/07/2017	53	3	28	15
20/07/2017	2	4	0	0
03/08/2017	1	5	2	0
24/08/2017	0	0	2	0
14/09/2017	1	5	2	0
30/09/2017	0	0	0	0

### Ajuste de los modelos de emergencia

La emergencia de plántulas de *C. sumatrensis* y *G. spicata* se ajustó mejor al modelo Logístico que al de Gompertz (Tabla 2). Estos resultados se contrastan con los modelos desarrollados por Zambrano-Navea *et al.* (2013) quienes observaron que el modelo de Gompertz fue el más adecuado para estimar la emergencia de rama negra. Probablemente, esta diferencia se encuentra en que los autores consideraron un modelo de tiempo hidrotermal, el cual incluye la temperatura de suelo y el contenido de humedad.

A diferencia de las anteriores, la emergencia de plántulas de *L. amplexicaule* y *B. incana* se ajustó mejor al modelo de Gompertz (Tabla 2). Esta observación coincide con lo estudiado por Hill *et al.* (2014) quienes afirmaron que el patrón de emergencia de *L. amplexicaule* se ajustó mejor al modelo de Gompertz.

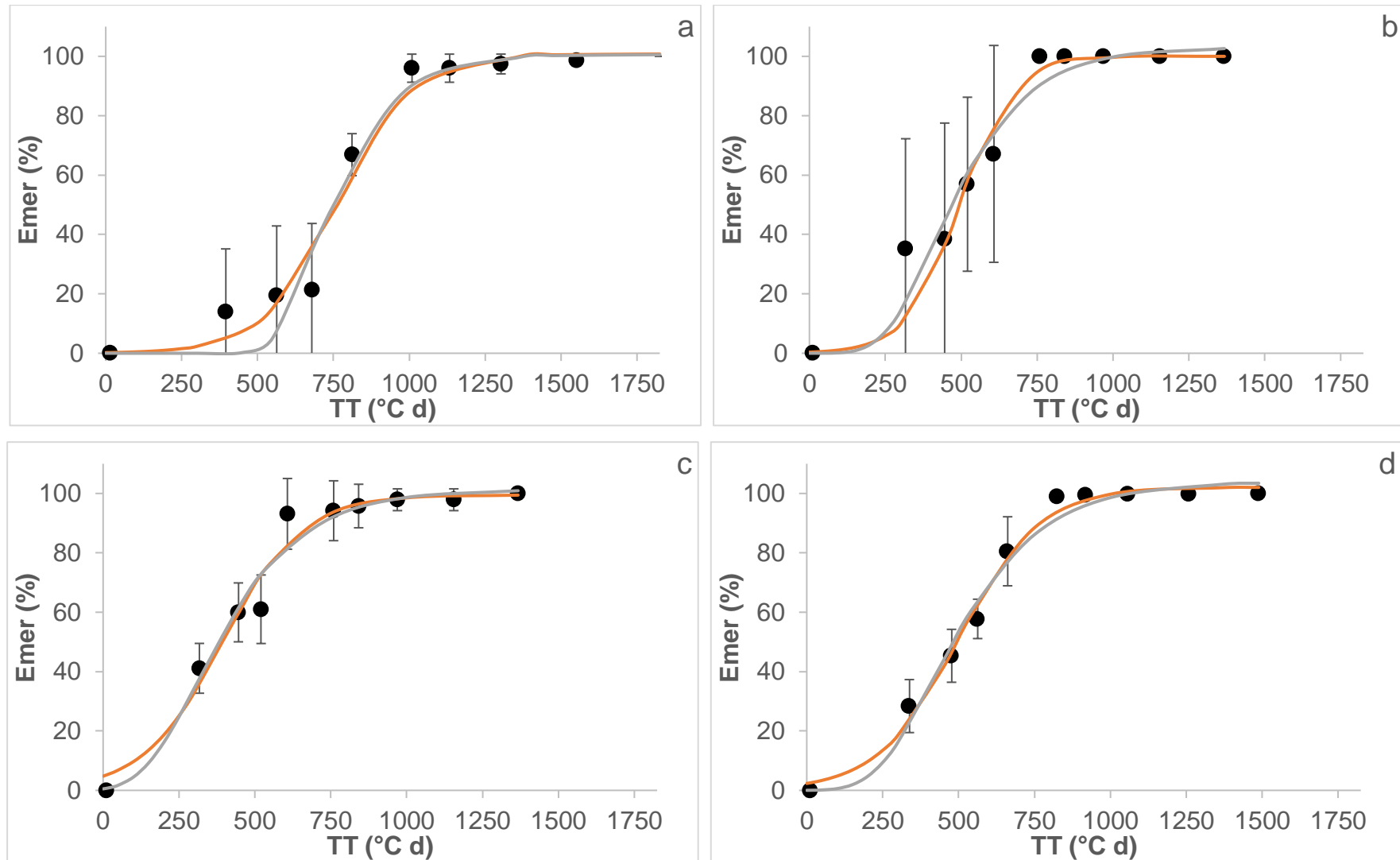
Es importante destacar que no se han reportado modelos predictivos para la emergencia de las malezas *B. incana* y *G. spicata* en condiciones de campo. Quizás esto



se deba a la dificultad de poder encontrar una mayor homogeneidad en la emergencia de plántulas, lo cual se observó con la dispersión de valores obtenidos (figura 2<sup>a</sup> y 2b), así como observaron Puricelli y Tuesca (2005) que la emergencia de *B. incana* bajo siembra directa tiene, además, una gran variación entre años.

**Tabla 2.** Datos de los parámetros (alfa, beta y gama), criterio de información de Akaike (AIC), raíz del cuadrado medio del error (RMSE) y sus errores estándares (entre paréntesis) para el ajuste de los modelos logístico y Gompertz para la emergencia de las malezas *C. sumatrensis*, *L. amplexicaule*, *G. spicata* y *B. incana*.

Malezas	Parámetros	Modelos	
		Logístico	Gompertz
<i>Bowlesia incana</i>	AIC	273,6	272,5
	RMSE	25,7	24,6
	Alfa	100,0 (6,3)	103,0 (8,0)
	Beta	270,5 (551,4)	11,6 (10,5)
	Gamma	0,0113 (0,0042)	0,0059 (0,0021)
<i>Conyza sumatrensis</i>	AIC	264,4	272,6
	RMSE	6	6,6
	Alfa	102,1 (1,8)	103,9 (2,3)
	Beta	42,8 (14,3)	8,6 (2,1)
	Gamma	0,0075 (0,0007)	0,0051 (0,0005)
<i>Gamochaeta spicata</i>	AIC	311,5	313,6
	RMSE	10,7	11
	Alfa	100,8 (3,1)	100,6 (3,2)
	Beta	483,3 (446,4)	155,7 (138,9)
	Gamma	0,0081 (0,0013)	0,0072 (0,0013)
<i>Lamium amplexicaule</i>	AIC	220,4	220,3
	RMSE	30,8	31,4
	Alfa	99,5 (2,7)	101,3 (3,3)
	Beta	19,8 (9,8)	5,3 (2)
	Gamma	0,0076 (0,0012)	0,0053 (0,0010)



**Figura 2.** Porcentaje de emergencia acumulada (% Em) de *G. spicata* (a), *B. incana* (b), *L. amplexicaule* (c) y *C. sumatrensis* (d) en función del tiempo térmico (TT, °C d). Valores promedio de cada evaluación (círculos) con su desviación estándar y los modelos Logístico (naranja) y Gompertz (gris) ajustados

De las malezas ajustadas al modelo Logístico, se observó que el patrón de emergencia de *C. sumatrensis* tuvo un menor punto de inflexión (valor negativo de beta) y una pendiente mayor (valor negativo de gamma) con respecto a *G. spicata* (Tabla 2). Este efecto provocó que el flujo de emergencia de *C. sumatrensis* sea más acentuado en un breve período de tiempo en comparación con *G. spicata* (figura 2d y 2a). Este comportamiento pudo estar asociado a que la primera no posee dormición y su capacidad de emerger no se vio limitada por las condiciones ambientales durante el desarrollo del experimento.

Por otra parte, de las malezas ajustadas al modelo de Gompertz, se observó que, pese a presentar valores de pendiente similares, *B. incana* tuvo un valor beta menor (Tabla 2), lo cual explicó que esta maleza presentó su punto de inflexión de manera anticipada. Este efecto enfatizó que, ante similares valores de pendiente, esta maleza alcanza el 100% de plántulas emergidas en menor cantidad de tiempo térmico que *L. amplexicaule* (figura 2c y 2b).

### **Período de emergencia**

Si bien los datos de la *Eme ef* tuvieron una diferencia de 40 días y los *Eme pot* de 53 días (Tabla 3), no se observaron diferencias significativas entre los períodos de emergencia de *C. sumatrensis* y las malezas acompañantes ( $p > 0,05$ ). En contraste con estos resultados, Picapietra y Acciaresi (2018) observaron que, en un sistema donde soja fue el cultivo antecesor, *C. sumatrensis* presentó un período de emergencia más extenso (9 meses) que el de *L. amplexicaule* (8 meses) y *B. incana* (4 meses), mientras que en un barbecho que tuvo como antecesor al cultivo de maíz, observaron que *B. incana* tuvo un período de emergencia (4 meses) levemente superior al de *C. sumatrensis* (3 meses).

La emergencia potencial que las malezas presentan para la región de Pergamino, en estudios locales (Picapietra y Acciaresi, 2018) no han observado diferencias entre las malezas *B. incana*, *L. amplexicaule* y *C. sumatrensis* (entre 8 y 9 meses), mientras que los resultados del presente trabajo, con un período más acotado, no concuerdan con este comportamiento, ya que *B. incana* presenta una menor *Em* potencial con respecto a las otras malezas.

**Tabla 3.** Período de emergencia efectiva (Eme ef) y potencial (Eme pot) expresado en días y la estimación del tiempo térmico acumulado (°Cd) para alcanzar el 99% de la emergencia de plántulas (TT<sub>99</sub>) según el ajuste de cada modelo aceptado, durante el período de estudio para las malezas *Conyza sumatrensis*, *Gamochaeta spicata*, *Bowlesia incana* y *Lamium amplexicaule*.

	Período de emergencia (días)		TT <sub>99</sub> (°C d)
	<i>Eme ef</i>	<i>Eme pot</i>	
<i>C. sumatrensis</i>	94	103	1015
<i>G. spicata</i>	88	111	1417
<i>B. Incana</i>	54	58	649
<i>L. amplexicaule</i>	76	110	987

Se determinó que *G. spicata* fue la maleza que requirió una suma mayor de tiempo térmico acumulado (1417 °C d) para alcanzar el 99% de la emergencia, mientras que *C. sumatrensis* y *L. amplexicaule* necesitaron alrededor de 1000 °C d para alcanzar este valor de plántulas emergidas. Finalmente, *B. incana* fue la maleza que menor requerimiento de tiempo térmico presentó para alcanzar el 99% de plántulas emergidas (tabla 3).

Si bien no existen trabajos detallados que cuantifiquen la duración del período de emergencia de *C. sumatrensis* en condiciones de campo, en un trabajo realizado en condiciones controladas (Bastida *et al.* 2011) se observó que el 90% de la germinación de *C. bonariensis* ocurre a los 135 °C d desde la siembra. Sabiendo que la germinación es un proceso previo a la emergencia y que las malezas del género *Conyza* germinan en estratos superficiales, los resultados del presente trabajo serían ampliamente superiores.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, con mínimas diferencias en el régimen de precipitaciones mensuales con respecto al promedio de los últimos diez años, se concluye que en el barbecho previo a la siembra de maíz la emergencia de *C. sumatrensis* y las malezas acompañantes *G. spicata*, *B. incana* y *L. amplexicaule* se pueden ajustar de manera adecuada con gran precisión a modelos no lineales en función del tiempo térmico basado en la temperatura del aire.

Dichas malezas emergen durante el mismo período de tiempo incluido entre dos y cuatro meses, pero al comparar el potencial de emergencia de acuerdo con los modelos ajustados, existen diferentes requerimientos de tiempo térmico acumulado para cada una de las malezas. En este sentido *G. spicata* requiere de una mayor suma de tiempo térmico, *B. incana* una menor suma y *L. amplexicaule* aproximadamente la misma cantidad de tiempo térmico que *C. sumatrensis*.

El aporte de este estudio, sumado a la continuidad de investigaciones futuras, permitirá interpretar la duración del período de emergencia de las malezas evaluadas vinculado al comportamiento térmico del aire. De esta manera se podrá predecir la duración del periodo de emergencia de plántulas totales y, en base a ello, analizar las alternativas de operaciones de control disponible, contribuyendo realmente al manejo racional de malezas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on automatic control*, 19(6):716-723.
- Bastida, F; Gonzalez-Andujar, JL; Zambrano, C. 2011. Modelización de la emergencia de *Conyza bonariensis* en clima mediterráneo. *Actas Congreso SEMh*.
- Beckie, HX. 2009. Selecting for weed resistance: Herbicide rotation and mixture. *Weed Technology*, 23: 363–370.
- Brown, RF; Mayer, DG. 1988. Representing cumulative germination. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Ann. Bot.* 61:127-138.
- Burkart, A. 1973. Flora Ilustrada de Entre Ríos. Tomo VI. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, 6:328-324.
- Cavieres, LA; Sierra-Almeida A. 2018. Assessing the importance of cold-stratification for seed germination in alpine plant species of the High-Andes of central Chile. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 30:125-131.
- Davis, VM; Kruger, GR; Young, BG; Johnson, WG. 2010. Fall and Spring Preplant Herbicide Applications Influence Spring Emergence of Glyphosate-Resistant Horseweed (*Conyza Canadensis*).
- Dauer, JT; Mortensen, DA; Van Gessel, MJ. 2007. Temporal and spatial dynamics of long distance *Conyza canadensis* seed dispersal. *J Appl Ecol* 44:105–114.
- De Prado, R. 2007. Agronomic, biological and molecular bases of *Lolium* spp. and *Conyza* spp. biotype resistant to glyphosate in Spain. Project collaboration between University of Córdoba and Monsanto.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2019. Infostat versión 2017e. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Forcella, F. 1993. Seedling emergence model for velvetleaf. *Agronomy Journal* 85:929-933.

- Forcella, F, Benech, A; Sanchez, R; Ghera, CM. 2000. Modelling seedling emergence. *Field Crops Research* 67:123-139.
- Gianelli, V; Bedmar, F; Diez De Ulzurrun, P; y Panaggio, N. 2017. Dinámica de emergencia y competencia intraespecífica en *Conyza sumatrensis* (Retz.). *Agrociencia Uruguay* 21: 69-77.
- González Andujar, JL. 2010. Modelos de emergencia de malezas. Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Dpto. Protección de cultivos. XIII Congreso de la sociedad venezolana para el combate de malezas.
- Gonzalez-Andujar, JL; Chantre, GR; Morvillo, C; Blanco, AM; Forcella, F. 2016. Predicting field weed emergence with empirical models and soft computing techniques. *Weed research* 56 (6): 415-423.
- González-Torralva, F; Cruz-Hipólito, H; Bastida, F; Muelleder, N; Smeda, RJ; De Prado, R. 2010. Differential susceptibility to glyphosate among the *Conyza* weed species in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 4361–4366
- González-Torralva, F; Pérez-López, M; y De Prado, R. 2013. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Resistencia a glifosato: aspectos biológicos y agronómicos. INIA La Estanzuela, 1-14.
- Grundy, AC. 2003. Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Research* 2003 43: 1–11.
- Grundy, AC; y Mead, A. 2000. Modeling weed emergence as a function of meteorological records. *Weed Science* 48: 594–603.
- Hill, EC; Renner, KA; Sprague, CL. 2014. Henbit (*Lamium amplexicaule*), Common Chickweed (*Stellaria media*), Shepherd's-Purse (*Capsella bursa-pastoris*), and Field Pennycress (*Thlaspi arvense*): Fecundity, Seed Dispersal, Dormancy, and Emergence. *Weed Science* 2014 62:97–106.
- Holm, LG; Doll, J; Holm, E; Poncho, JV; y Herzberger JP. 1997. World weeds: natural histories and distribution. Toronto, Wiley, and Sons, 226-235.

- Holmstrom, K y Petersson, J. 2002. A review of the parameter estimation problem of fitting positive exponential sums to empirical data. *Applied Mathematics and Computation* 126, 31–61.
- Izquierdo, J; González-Andujar, JL; Bastida, F; Lezaun, JA; Sánchez del Arco, MJ. 2009. A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver Rhodas*) emergence in cereal fields. *Weed Science* 57:660-664.
- Izquierdo, J, Bastida, F, Lezaun, J, Sánchez del Arco, M y González, Andujar, J.L. 2013. Development and evaluation of a model for predicting *Lolium rigidum* emergence in winter cereal crops in the Mediterranean area. *Weed Research* 53, 269–278.
- Lazaroto, CA; Fleck, NG; y Vidal, RA. 2008. Biology and ecophysiology of hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) and horseweed (*Conyza canadensis*). *Ciência Rural*, 38(3):852-860.
- Leblanc, ML; Cloutier, DC; Stewart, K; Hamel, C. 2003. The use of thermal time to model common lambs' quarters (*Chenopodium album*) seedling emergence in corn. *Weed Science* 51:718-724.
- Loux, M; Staohler, J; Johnson, B; Nioe, G; Davis, V; Nordby D. 2004. Biology and Management of HorseWeed. Publication of the Purdue University, Knowledge to go, 1-888.
- Metzler, M, Puricelli, E, Papa, J.C. 2012. Manejo y control de rama negra.
- Onofri, A, Gresta, F y Tei, F. 2010. A new method for the analysis of germination and emergence data of weed species. *Weed Research* 50: 187–198.
- Pake, CE; Venable, DL. 1996. Seed Banks in Desert Annuals: Implications for Persistence and Coexistence in Variable Environments. *Ecology*, 77(5):1427-1435.
- Picapietra, G; Acciaresi, H. 2018. Emergencia anual de malezas en distintos sistemas de cultivos en labranza cero.
- Puricelli, E; Faccini, D; Balasonne, F; y Metzeler, M. 2015. Alerta: *Conyza sumatrensis* y *Conyza bonariensis* resistentes a glifosato en la provincia de Entre Ríos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Paraná.



- Puricelli, E; Tuesca D. 2005. Efecto del sistema de labranza sobre la dinámica de la comunidad de malezas en trigo y en barbechos de secuencias de cultivos resistentes a glifosato. *Agriscientia*, 12(2):69-78.
- Sansom, M; Saborido, A; y Dubois, M. 2013. Control of *Conyza* spp. with Glyfosato- Review a situation in Europe. Vol. 49(1):44-53.
- Santos, FM; Vargas, L; Christoffolleti, PJ; Agostinetto, D; Martin, TN; Ruchel, Q; y Fernando, JA. 2014. Estadío de desenvolvimento e superficie foliar reduzem a eficiência de chlorimuron-ethyl e glyphosate em *Conyza sumatrensis*. *Planta Daninha*, 32(2):361-375.
- Steinmaus, SJ; Prather, TS; y Holt, JS. 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. *J. Exp. Bot.* 51: 275–286.
- Theabaud, C; y Abbott, RJ. 1995. Characterization of invasive *Conyza* species (Asteraceae) in Europe: Quantitative trait and isozyme analysis. *American Journal of Botany*, 82(3):360-368.
- Tozzi, E; y Van Acker, C. 2014. Effects of Seedling Emergence Timing on the Population Dynamics of Horseweed. *Weed Science*. 62:451-456.
- Tuesca, D; Nisensohn, L; Papa, JC; y Prieto, G. 2009. Alerta Rama Negra (*Conyza bonariensis*). Maleza problema en barbechos químicos y en cultivos estivales. [http:// www.inta.gov.ar/actual/alert/09/rama\\_negra\\_barbechos](http://www.inta.gov.ar/actual/alert/09/rama_negra_barbechos).
- Wu, H; Walker, S; Rollin, JM; Tan, KD; Robinson, G; y Werth, J. 2007. Germination, persistence, and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [L.] Cronquist). *Weed Biology and Management* 7:192-199.
- Zambrano-Navea, C; Bastida, F; Gonzalez-Andujar, JL. 2013. A hydrothermal seedling emergence model for *Conyza bonariensis*. *Weed Research*.