



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Agronomía
Comisión de Estudios de Postgrado
Postgrado en Agronomía
Maracay

Patrón de emergencia temporal de dos accesiones de
Echinochloa colona (L.) Link, **resistente y susceptible a herbicidas**
en una finca en el estado Portuguesa

Tesista: Ing. Agr. Pedro D. Pérez

Tutora: Dra. Aida Ortiz

Maracay, Diciembre 2016

Trabajo presentado como requisito final para optar al título de **MAGISTER SCIENTIARIUM** en Agronomía, orientación Producción Vegetal.



Dra. Aida Ortiz

TUTORA



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
 POSTGRADO EN AGRONOMÍA
VEREDICTO



Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo de Grado** presentado por **PEDRO DANIEL PÉREZ, C.I. 18.639.746**, bajo el título **“PATRÓN DE EMERGENCIA TEMPORAL DE DOS ACCESIONES DE *Echinochloa colona* (L.) Link, RESISTENTE Y SUSCEPTIBLE A HERBICIDAS EN UNA FINCA EN EL ESTADO PORTUGUESA”**, a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de ***Magíster Scientiarum* en Agronomía**, dejan constancia de lo siguiente:

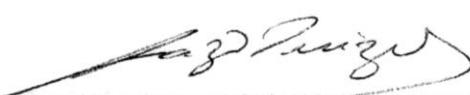
1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 14 de diciembre de 2016 a las 09:00 am., para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en el Aula Siglo XXI del Postgrado de Agronomía, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **APROBARLO**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado representa un valioso aporte dentro del manejo integrado de malezas en el cultivo de arroz en Venezuela.



En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 14 días del mes de diciembre del año 2016, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado la Dra. Aída Ortiz Domínguez.


Dr. JOSÉ VICENTE LAZO
C.I. 3.054.595
AGRONOMÍA-UCV




Dra. MARTA BARRIOS
C.I. 5.276.035
AGRONOMÍA-UCV


Dra. AÍDA ORTIZ D.
C.I. 5.872.557
AGRONOMÍA-UCV
Tutor(a)

AO/zp
14/12/16

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mi hermana Liliana Pérez y sobrino Juan José que incondicionalmente ha estado conmigo.

AGRADECIMIENTO

A “Dios” por ser mi guía espiritual, por darme salud, paciencia, constancia, voluntad para llegar a donde estoy.

A mi familia por ser un pilar fundamental en mi formación.

A mi Tutora, gracias Prof. Aída Ortiz, por su paciencia, apoyo, ayuda durante el desarrollo de este trabajo.

A Castor Zambrano, por la amistad, colaboración y apoyo dado antes y durante el desarrollo de mi tesis.

A Don Eloy Álvarez y su hijo José Luis Álvarez, por toda la colaboración brindada y prestar el espacio para llevar a cabo el ensayo de campo.

A todos y cada una de las personas que aportaron su granito de arena para la ejecución y llevar a término dicho trabajo, entre ellos José Miguel Andrade, Yinerby Quintana, Ryan Sifuentes, Yazmilet Tiberios, Dayana Pérez.

Y por último a la Facultad de Agronomía por ser un segundo hogar donde he conocido y compartido con personas gratas.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General	3
Objetivo específicos	3
ANTECEDENTES.....	4
Características de la paja americana	4
Resistencia de malezas a herbicidas	5
Característica de los herbicida Fenoxaprop-Etilo y Cyhalofop-butilo	6
Características del herbicida Bispiribac-sodio	6
Características del herbicida Propanil	7
Adaptabilidad de malezas	7
Modelos de emergencias de malezas.	8
Banco de Semillas de Malezas del Suelo	10
Estudios sobre profundidad enterramiento de semillas de <i>E. colona</i> y manejo con lámina de agua	12
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Ajuste de un modelo para predecir la emergencia de las accesiones EC33P(R) y EC114P(S)	13
Banco de semillas del suelo en una finca de arroz	14
Temperatura óptima de germinación de semillas	15
Profundidad de enterramiento de las semillas	16
Efecto de la lámina de agua sobre la emergencia de plántulas	16

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
Patrón de emergencia de plántulas	19
1. Ajuste de un modelo para predecir la emergencia de las accesiones EC33P(R) y EC114P(S).....	19
2. Patrón de emergencia de plántulas de <i>E. colona</i> EC33P(R) y EC114P(S) .	24
Banco de semillas del suelo en una finca de arroz	26
Temperatura óptima de germinación de semillas	31
Profundidad de enterramiento de las semillas	32
Efecto de la lámina de agua sobre la emergencia de plántulas	34
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXO	49

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Parámetros estimados y RMSE de la emergencia acumulada como una función del tiempo térmico para el modelo de Gompertz para las accesiones EC33P (R) y EC114A (S) en la localidad de Portuguesa (época de lluvia y sequía) y Maracay. 22
- Cuadro 2.** Emergencia acumulada como una función del tiempo térmico para las accesiones EC33P (R) y EC114A (S) en la localidad de Portuguesa (época de lluvia y sequía) y Maracay..... 24
- Cuadro 3.** Número de plántulas de malezas por metro cuadrado, encontradas en el banco activo del suelo, a la profundidad de 0-10 cm, en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”, ubicada en el municipio Páez, en la localidad de Durigua Vieja, Potrero de Armo, Estado Portuguesa..... 28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica del muestreo utilizando la metodología de diagonales dobles para la extracción de los bancos de semillas.	15
Figura 2. Porcentaje de emergencia acumulada para las accesiones EC33P (R) y EC114A (S) en función del tiempo térmico (°d) en la localidad de Portuguesa en A (época de lluvias), B (época de sequía) y Maracay (época de sequía). Utilizando el modelo de Gompertz, valor observado (puntos) y predicho (línea).	23
Figura 3. Evaluación del patrón de emergencia de plántulas de <i>E. colona</i> días después de la siembra (dds) durante los experimentos llevados a cabo en Portuguesa [Época de Lluvia (A) y Sequia (B)] y Maracay (C).	26
Figura 4. Evolución de la emergencia de plántulas.m ⁻² de las malezas <i>C. odoratus</i> (a) y <i>D. scabra</i> (b), en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.....	29
Figura 5. Evolución de la emergencia de plántulas.m ⁻² de las malezas <i>F. littoralis</i> , en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.	29
Figura 6. Evolución de la emergencia de plántulas.m ⁻² de las malezas <i>E. colona</i> , en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.....	30
Figura 7. Evolución de la emergencia de plántulas.m ⁻² de las malezas <i>I. rugosum</i> , en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.....	30
Figura 8. Porcentaje de germinación de semillas de accesiones de <i>E. colona</i> sometidas a diferentes tratamientos de temperatura (°C).	32
Profundidad de enterramiento de las semillas	32
Figura 9. Porcentaje de emergencia de plántulas de accesiones de <i>E. colona</i> colocadas a diferentes tratamientos de profundidad (cm).	33
Efecto de la lámina de agua sobre la emergencia de plántulas	34
Figura 10. Porcentaje de emergencia de plántulas de accesiones de <i>E. colona</i> colocadas a diferentes tratamientos de lámina de agua (cm).....	35

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación especial del lote donde se realizó el ensayo para predecir la emergencia de las accesiones EC33P(R) y EC114P(S) y el estudio de banco de semilla de malezas.....	49
Anexo 2. Vista panorámica del lote en la finca Soledad de Armo, Estado Portuguesa y del lote en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Campus Maracay, Estado Aragua.	49
Anexo 3. Sensores de temperatura y de humedad de suelo (sondas + datalogger) programado para dar la lectura de datos cada hora.	49
Anexo 4. Vista detalla de las microparcels en el lote.	50
Anexo 5. Muestreo de banco de semilla en el lote de la finca Soledad de Armo, Estado Portuguesa.....	50
Anexo 6. Plántulas de malezas, encontradas en el banco activo del suelo, a la profundidad de 0-10 cm, en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”, ubicada en el municipio Páez, en la localidad de Durigua Vieja, Potrero de Armo, Estado Portuguesa.....	50
Anexo 7. Temperatura optima de germinación para semillas de EC33P (R) y EC114A (S).....	51
Anexo 8. Emergencia de plántulas de EC33P (R) y EC114A (S) evaluadas a los 7, 14 y 21 días posteriores a la siembra de las semillas a diferentes profundidades.	51
Anexo 9. Emergencia de plántulas de EC33P (R) y EC114A (S) sometidas a diferentes niveles de lámina de agua.	52

RESUMEN

Echinochloa colona L. Link., es una de las malezas de mayor importancia económica en el cultivo de arroz en Venezuela y se han reportado estudios de resistencia de esta maleza a varios herbicidas que la controlaban, por lo tanto, se ha planteado como objetivo a evaluar el patrón de emergencia temporal de dos accesiones de *E. colona*, una resistente (EC33P) (R) a cyhalofop butilo, propanil y bispiribac-sodio y otra susceptible (EC114A) (S) a estos herbicidas, en la finca Soledad de Armo, municipio Páez estado Portuguesa. Se establecieron cinco experimentos: (1) Patrón de emergencia de plántulas: se utilizó el modelo de Gompertz para simular la emergencia con datos de temperatura del suelo, (2) Banco de semilla de malezas del suelo por método de emergencia (plántulas.m⁻²), (3) Determinación de temperatura óptima de germinación en una cámara controlada, (4) Emergencia de plántulas a las profundidades de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 cm de enterramiento y (5) Emergencia de plántulas a 0, 10 y 20 cm de lámina de agua, bajo un diseño de experimentos completamente aleatorizado. El modelo de emergencia mostró un buen ajuste de los datos, mostrando que el cinco % de la emergencia de plántulas de la accesión resistente en la época de lluvia y sequía fue a los 26 y 13 °d, mientras que el susceptible ocurrió a los 24 y 19 °d, respectivamente, y el 50% de emergencia se alcanzó en R a los 156 y 488 °d y en S 213 y 309 °d, respectivamente. En el banco de semilla de malezas del suelo se encontraron las malezas siguientes: *Dinebra scabra* Ness P.M. Peterson & N. Snow; *Cyperus odoratus* L., *Echinochloa colona* (L.) Link., *Ischaemum rugosum* Salisb., y *Fimbristylis littoralis* Gaudich., en las cantidades de 404,53; 313,46; 169,06; 36,23 y 9,06 plántulas.m⁻². Las semillas de *E. colona* presentaron su mayor porcentaje de germinación en el rango de temperatura entre 20 a 35°C, evidenciándose mayor germinación a los 20 °C en EC33P(R) y a los 35°C en EC114A(S). A las profundidades de enterramiento de 0, 1 y 2 cm se observó la mayor emergencia de *E. colona*. Con las láminas de agua de 10 y 20 hubo emergencia de plántulas de *E. colona*. Los resultados han generado indicadores que maximizarán la eficacia del control de *E. colona* en un programa de mitigación.

Palabras clave: paja americana, modelo Gompertz, banco de semilla, temperatura, profundidad de enterramiento, lámina de agua.

ABSTRACT

Junglerice [*Echinochloa colona* (L.) Link.], is one of the weeds with a major economic importance in rice fields from Venezuela and studies of resistance of this weed have been reported to several herbicides that controlled it, therefore, the purpose of this study is to objectively evaluate the pattern of seedlings temporary emergence of two accessions of *E. colona*: The accession (EC33P) (R) resistant to cyhalofop butilo, propanil and bispiribac-sodium and the susceptible accession (EC114A) (S). The study was conducted in the farm Soledad de Armo located in Portuguesa, Venezuela and five different experiments were established with a randomized and empirical design: (1) The simulation of seedlings emergence with the Gompertz model that uses the soil's temperature information to simulate the seedlings emergence; (2) A bank of weed's seeds from the soil using the emergence method (seedlings.m⁻²); (3) The determination of the optimal germination temperature in a controlled camera; (4) The Evaluation of seedlings emergence with a seed burial depth of 0, 1, 2, 3, 4 and 5 cm respectively and lastly (5) The Evaluation of seedlings emergence under water sheets of 0, 10 and 20 cm respectively. The seedlings emergence model had a well adjusted data and showed that seedlings of the resistant (R) and susceptible accessions had 5% of emergence at 26 and 13 °d and 24 and 19 °d respectively, both in rain and dry seasons. Additionally, the 50% of emergence was reached by both accessions at 156 and 188 °d (R) and 213 y 309 °d (S). The following weeds were found in the bank of weed's seeds collected from the soil: *Dinebra scabra* Ness P.M. Peterson & N. Snow; *Cyperus odoratus* L., *Echinochloa colona* (L.) Link., *Ischaemum rugosum* Salisb., y *Fimbristylis littoralis* Gaudich., showing quantities of 404,53; 313,46; 169,06; 36,23 and 9,06 seedlings.m⁻². The seeds of *E. colona* exhibited the major percentage of emergence at temperature range of 20 to 30 °C, showing that the greatest germination rates were reached at optimal germination temperatures of 20 and 35 °C in the resistant accession (R) and susceptible accession (S), respectively. The major seedling emergence of *E. colona* was observed in burial depths of 0, 1 and 2 cm and in water depths of 10 and 20 cm. The results have generated indicators that will maximize the efficacy in the control of Junglerice in mitigation programs.

Keywords: Junglerice, model Gompertz, seed bank, temperature, burial depth, water depth.

INTRODUCCIÓN

Echinochloa colona L. Link., conocida como paja americana, es una de las principales malezas en el cultivo de arroz en Venezuela y desde el año 2000 se conoce su resistencia al herbicida propanil en los estados Guárico y Portuguesa (Ortiz *et al.*, 2000). Actualmente, algunos biotipos de *E. colona* en el país, evaluados en el proyecto denominado Manejo Integrado de Malezas en Arroz (MIMA), también han evolucionado en resistencia a bispiribac-sodio (Fernández, 2012), cyhalofop-butilo (López, 2010) y fenoxaprop-etil (Peraza, 2013); no obstante en investigaciones realizadas por otros autores se han reportado que otros biotipos de esta misma especie en Venezuela poseen resistencia a profoxidim (Pérez *et al.*, 2009), fluazifop-butil y glifosato (Anzalone *et al.*, 2008).

Las maleza resistentes a herbicidas son todas aquellas plantas que antes eran susceptibles a un herbicida en particular aplicado a la dosis recomendada, pero ahora no son controladas, incluso cuando se aumenta la dosis recomendada, siendo una capacidad hereditaria natural de un biotipo dentro de una población de maleza. La resistencia puede ser de tipo cruzada, cuando algunos biotipos de una maleza presentan un mecanismo que la vuelve resistente a varios herbicidas que comparten el mismo mecanismo de acción y de tipo múltiple, cuando la maleza presenta dos o más mecanismos que lo hacen resistente a varios herbicidas, aunque estos no compartan el mismo mecanismo de acción (Fischer y Valverde, 2010).

El patrón de emergencia de malezas en el suelo consiste en grupos de generaciones discretas de plántulas que emergen en un período extenso de tiempo y las oportunidades que sobrevivan hasta la floración-fructificación puede estar relacionada con el momento de su emergencia en respuesta al clima, así como a las prácticas de manejo de malezas (Mortimer, 1996). Las malezas responden a la selección en ambientes agrícolas, mostrando una gran sincronización de características de historia de vida con el ciclo agrícola (Weining,

2005). Asimismo, ciertos cultivos favorecen a algunas especies de maleza al tiempo que limitan a otras (Lotz *et al.*, 1991). El monocultivo incrementa la abundancia de ciertas especies de maleza, mientras que la rotación de cultivo y los sistemas diversificados reducen la abundancia de otras e incrementan la diversidad de las especies de maleza (Swanton *et al.*, 2006; Sosnokie *et al.*, 2006). Entre las variables abióticas del suelo que más afectan la curva de emergencia de malezas se encuentran la temperatura y el potencial hídrico (Leguizamón *et al.*, 2005; Page *et al.*, 2006; Martinson *et al.*, 2007).

Los modelos de tiempo térmico pueden describir y cuantificar los efectos de la temperatura sobre la germinación de semillas, siendo la temperatura uno de los principales reguladores de la señal del medio ambiente para inducir latencia y germinación (Roberts, 1988). Los modelos de tiempo temporal proporcionan un método robusto para la comprensión de cómo la temperatura puede dar como resultado la predicción del patrón de germinación en el tiempo de una población de semillas (Bradford, 2002).

Las semillas de *E. colona*, en condiciones de Filipinas, resultaron fotoblásticas y su germinación no fue afectada por temperaturas alternas (día/noche) de 35/25, 30/20 y 25/15 °C y tampoco al intervalo de pH entre 4 y 9, pero sí se redujo por salinidad (>50 mM de NaCl) y estrés por humedad (< -0,2 Mpa de potencial osmótico). Por otro lado, la emergencia de *E. colona* fue mayor (97%) para las semillas en la superficie del suelo, disminuyendo exponencialmente con el aumento en la profundidad de enterramiento, hasta que a los 6 cm no se observó germinación. También cuando se le puso cobertura de restos de cosecha de arroz a razón de 4 a 6 t ha⁻¹ la emergencia se redujo (Bhagirath *et al.*, 2009).

Ante esta situación de resistencia de esta maleza a herbicidas postemergentes en el país y los factores que afectan la germinación/emergencia de las semillas de *E. colona*, se ha planteado una investigación sobre su biología y ecología para conocer su patrón de emergencia y en función de la temperatura del suelo, en un sistema de producción de arroz de manera de producir indicadores que permitan maximizar la eficacia en su control en un programa de mitigación.

OBJETIVOS

Objetivo General

Ajustar un modelo estadístico sobre el patrón de emergencia temporal de dos accesiones de *E. colona*, una resistente (EC33P) y otra susceptible (EC114A) a herbicidas postemergentes bajo condiciones de un sistema de producción de arroz, estudiando el banco de semillas de malezas del suelo de zona de recolección y determinar la temperatura óptima, profundidad de enterramiento y lámina de agua sobre la germinación y emergencia de estas dos accesiones de maleza.

Objetivo específicos

1. Ajustar un modelo estadístico para predecir la emergencia de las accesiones EC33P(R) y EC114A(S) de *E. colona* con base en la temperatura del suelo.
2. Cuantificar el número de plántulas de malezas encontradas en el banco de malezas del suelo en una finca de arroz en el estado Portuguesa.
3. Estimar la temperatura óptima de germinación de semillas de las accesiones EC33P(R) y EC114P(S) de *E. colona*.
4. Determinar el efecto de la profundidad de enterramiento de las semillas de las accesiones EC33P(R) y EC114A(S) de *E. colona* sobre la emergencia de plántulas.
5. Evaluar el efecto de la lámina de agua sobre la emergencia de plántulas de las accesiones EC33P(R) y EC114A(S) de *Echinochloa colona* (L.) Link.

ANTECEDENTES

El cultivo de arroz en el país alcanza el segundo lugar en volumen de la producción después del maíz, lo que resalta su importancia económica (FEDEAGRO, 2016). El costo por controlar malezas en el cultivo de arroz puede oscilar entre 10 a 30%, mientras más problemas de resistencia a herbicidas tengan los lotes del cultivo obviamente se incrementará el gasto por este concepto (Cásares, 2012).

Características de la paja americana

La especie *E. colona* pertenece a la familia Poaceae, anteriormente conocida con los nombres de *Echinochloa colonum* (L.) Link, *Panicum colonum* L. entre otros (IRRI; 2009). *E. colona* es originaria de la India y se considera la maleza más importante en 60 países ubicados entre los 45° norte y los 40° sur, adicionalmente esta especie está señalada como la cuarta entre las 10 malezas más nocivas del mundo, su nocividad afecta alrededor de 32 cultivos (Holm *et al.* 1977; Valverde, 2000).

E. colona es una planta anual, herbácea, de porte erecto o ligeramente postrado (Fuentes *et al.*, 2006). Cuando crece en suelo inundado, las raíces se ramifican poco (Valverde, 2000). Los tallos son de aproximadamente 20 a 100 cm de longitud, puede ser de color verde o púrpura en la base, a menudo presenta pelos y raíces en la base de sus nudos (IRRI, 2009). La lámina foliar es glabra o peluda en los nudos, frecuentemente teñida de rojo en la base, sin lígula y aurícula, con una longitud de entre 3 - 25 cm de largo y de 3 - 13 mm de ancho, en ocasiones con bandas transversales o márgenes de color púrpura (Carrero, 1981).

La inflorescencia de *E. colona* es una panícula de 5 a 15 cm de longitud, erecta o ligeramente inclinada, verde o con tonalidades rojizas, con 7 - 14 racimos de 0,7 - 3,3 cm de longitud, en el eje principal (Fuentes *et al.*, 2006). La floración puede ocurrir durante todo el año (Carrero, 1981). El fruto es un cariósipide de 1,7 - 2 mm de largo, de color pajizo cuando está maduro (Fuentes *et al.*, 2006). Su

propagación es por semillas o vegetativamente a través de los nudos del tallo que tocan el suelo que pueden emitir un tallo, una planta puede producir miles de semillas (Holm *et al.*, 1991); se ha reportado que una planta puede producir entre 3000 a 6000 semillas (OSWALD, 2005). La floración y fructificación comienzan unos 45 días después de la emergencia y se extienden hasta que las plantas completan su maduración; después de este período inician la senescencia con el desprendimiento de las semillas. Las cuales, poseen una viabilidad del alrededor del 92%, y su período de latencia es muy breve (Valverde, 2000).

Entre los factores que afectan la germinación de *E. colona*, se ha reportado que las semillas de esta especie requieren luz para germinar (Vega-Jarquien *et al.*, 2010); además la emergencia se ve reducida por la salinidad, el potencial hídrico, profundidad de enterramiento y la cobertura del suelo (Bhagirath *et al.*, 2009); los mismos autores señalan que temperaturas de 35/25, 30/20 y 25/15 °C (alternancia día/noche) no influyen en la germinación de esta especie y los porcentajes más elevados de emergencia se observan en semillas que se encuentran ubicadas superficialmente entre 0 a 0,2 cm.

Resistencia de malezas a herbicidas

La resistencia se define como la capacidad hereditaria natural de un biotipo, dentro de una población, que le permite sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con un herbicida que, bajo condiciones normales, controlaría efectivamente todos los individuos de la población (Heap, 2017).

En la actualidad, se ha encontrado 478 casos de biotipos resistentes a herbicidas en 252 especies (147 dicotiledóneas y 105 monocotiledóneas) que involucran 23 de 26 sitios de acción y se corresponden con 161 herbicidas diferentes, hallados en 91 cultivos de 67 países. Se ha confirmado la resistencia de *E. colona* a 15 herbicidas (glifosato, atrazina, ametrina, metribuzin, propanil, cyhalofop-butil, fenoxaprop-etilo, fluazifop-butilo, haloxifop-metilo, bispiribac-sodio, azimsulfuron, imazapic, imazapir, e imazatepir y quinclorac), en arroz, soya, sorgo, maíz, algodón, caña de azúcar, huertos y áreas sin cultivos, en 14 países (Argentina,

Australia, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Egipto, El Salvador, Guatemala, Honduras, Irán, Nicaragua, Panamá, EE.UU., y Venezuela) (Heap, 2017).

En Venezuela se han reportados casos de resistencias de *E. colona* a los herbicidas fluazifop-butil y glifosato (Anzalone *et al.*, 2008), profoxidim (Pérez *et al.*, 2009), cyhalofop-butilo (López, 2010), bispiribac-sodio (Zambrano y Medina, 2006; Fernández, 2012), propanil (Fumero, 2012), fenoxaprop-etil (Peraza, 2013), cyhalofop-butilo + bispiribac-sodio (Chaviedo, 2016).

Característica de los herbicida Fenoxaprop-Etilo y Cyhalofop-butilo

Pertenecen a familia química de los Ariloxifenoxipropionatos (FOP's), cuyo mecanismo de acción es inhibir la enzima acetil coenzima-A carboxilasa (ACCase), enzima plasmática que cataliza el primer paso en la biosíntesis de ácidos grasos, componentes esenciales para la producción de lípidos. Los lípidos son fundamentales para la integridad de las membranas celulares y el crecimiento de la planta. Son absorbidos por el follaje y se mueven principalmente por floema hacia las zonas de nuevo crecimiento. Los síntomas se manifiestan a entre los 7 a 14 días después de la aplicación, comenzando por clorosis en los tejidos jóvenes, seguido por coloraciones violetas y finalmente necrosis. No poseen residualidad en el suelo (Diez, 2013).

Características del herbicida Bispiribac-sodio

Pertenece a familia química de las Pirimidiniltiobenzoatos, cuyo mecanismo de acción es inhibir la enzima cloroplástica Acetolactato sintetasa (ALS), también llamada acetohidroxitirato sintetasa (AHAS), que cataliza la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada como valina, leucina e isoleucina. La deficiencia de dichos aminoácidos provoca una disminución en la síntesis de proteínas que conduce a una caída drástica en la tasa de división celular. Son herbicidas sistémicos, se translocan por xilema y floema a las zonas de nuevo crecimiento y pueden ser absorbidos tanto por vía foliar como radical. Los síntomas se manifiestan a entre los 7 a 14 días, se presenta principalmente en los

tejidos meristemáticos, donde se lleva a cabo la biosíntesis de aminoácidos. Las plantas tratadas detienen su crecimiento, se marchitan y adquieren un color rojizo debido a la acumulación de antocianinas inducidas por el estrés. En gramíneas se observan clorosis o amarillamientos internervales, y coloraciones rojizas en las hojas nuevas. Presentan una alta residualidad en el suelo la cual varía dependiendo del compuesto específico, del pH del suelo, la temperatura y del momento de aplicación (Anzalone, 2005).

Características del herbicida Propanil

Pertenece a familia química de las Amidas, cuyo mecanismo de acción es inhibir la fotosíntesis, Interrumpe el flujo de electrones en el Fotosistema II por inhibición de la actividad de una proteína receptora y transportadora de electrones (D1). El bloqueo del flujo de electrones genera una gran cantidad de moléculas de clorofila excitadas cuyos electrones reaccionan con oxígeno generando formas altamente tóxicas (peróxidos de hidrógeno y superóxidos). Se produce destrucción de la clorofila y los carotenoides, las especies reactivas de oxígeno peroxidan los lípidos de la membrana del cloroplasto causando destrucción de la integridad de las mismas, desorganización celular y pérdida de componentes plasmáticos. Los síntomas de aplicaciones se observan como manchas cloróticas internervales en las hojas, que posteriormente se necrosan. Los síntomas comienzan en los márgenes de las hojas. En condiciones de alta iluminación, las hojas tratadas se marchitan 2-3 horas después de la aplicación (Diez, 2013).

Adaptabilidad de malezas

Adaptabilidad ecológica o de ajuste ecológico “fitness” es la capacidad que tiene un individuo de una población con respecto a otros de reproducirse y/o sobrevivir en un ambiente determinado y perpetuarse en la siguiente generación (Sober, 1984).

La frecuencia de aparición de individuos resistentes a herbicidas en una población tiende a ser baja cuando la mutación que otorga dicha resistencia afecta más de

un carácter genético sobre el éxito ecológico de esos individuos. En consecuencia las plantas resistentes tienen una tasa de crecimiento y un grado de fecundidad más bajos que las plantas susceptibles (Fischer y Valverde, 2010).

Especies de *Senecio vulgaris* y *Amaranthus retroflexus* susceptibles a atrazina resultaron ser más competitivas en campo, produciendo mayor cantidad de semillas y con más vigor en comparación con la resistente (Conard y Radosevich, 1979). Mientras que biotipos resistentes y susceptibles de *Lolium rigidum*, *Lolium multiflorum* y *Avena fatua* no presentaron diferencias en la velocidad de germinación de las semillas, emergencia de las plántulas, y en el crecimiento vegetativo y reproductivo (Espinoza y Díaz, 2005).

Modelos de emergencias de malezas.

La emergencia de plántulas es posiblemente el evento más importante para una planta anual, debido a que es el momento en que se determina el éxito y su supervivencia de la misma en campo (Forcella *et al.*, 2000). Los modelos que estiman el tiempo de emergencia de las plántulas de malezas son valiosas herramientas de gestión de decisiones que pueden ser utilizado para optimizar los programas de control de malezas (Forcella, 1998) y son desarrollados con base en suposiciones sobre la germinación de semillas (Grundy, 2003).

Los modelos de emergencia de plántulas se pueden clasificar como de tiempo térmico si usan la temperatura del suelo por encima de una temperatura base para describir la emergencia, éstos también son conocidos como de grados días de crecimiento (Gummerson, 1986), los de tiempo hídrico cuando se usa el potencial hídrico por encima del potencial hídrico base para que ocurra la germinación y por último los modelos hidrotérmicos cuando se combinan los grados días con los potenciales promedio diario del agua del suelo (Bradford, 2002).

Un grado día de crecimiento es una unidad que combina el tiempo y la temperatura para estimar el desarrollo de un organismo a partir de un punto a otro en su ciclo de vida. Representan el reloj térmico que controla la manifestación de

las diferentes etapas fenológicas de las plantas, dependiendo de la velocidad con que se acumulen estos grados día, los eventos fenológicos se adelantan o se atrasan (SEPOR, 2010).

El modelo de Gompertz permite describir el patrón de emergencias de malezas con finalidades predictivas, ajustándose a las emergencias observadas en campo de diferentes especies de malezas con resultados bastante satisfactorios (Izquierdo *et al.*, 2013).

Los modelos de simulación de emergencia de malezas han sido usados por diversos investigadores, por ejemplo se pueden mencionar que en Arkansas, se usó un modelo hidrotermal en *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., obteniéndose un emergencia de 77% a los 25 °C y -30 Kpa de potencial hídrico, asimismo el modelo predijo que cuando las temperatura fueron inferiores a 15 °C o el potencial hídrico estuviera por debajo de -50 a -60 Kpa no se produciría emergencia (King y Lawrence, 1994). No obstante, en Dakota del Norte la máxima emergencia alcanzada por *Avena fatua* L., fue a los 17 días después de la siembra (Martinson *et al.*, 2007). El patrón de emergencia de *Ambrosia trifida* L., es bifásico, el cual puede haber sido una consecuencia de la variación de semilla a semilla en el tiempo hidrotérmico (THT) requerido para la emergencia de las plántulas como respuesta evolutiva, la profundidad media de emergencia de las plántulas en la primera fase fue de $1,31 \pm 0,10$ cm y $1,27 \pm 0,07$ cm en la segunda, encontrándose que la emergencia de plántulas fue mayor con 400 THT (Schutte *et al.*, 2008).

Para las plantas de *Papaver rhoeas* L., la máxima emergencia de plántula se encontró a los 25 días después de la siembra, cuando los grados de tiempo térmico (°d) fueron de 247 y el 50, 90 y 95% de emergencia se alcanzó cuando ocurrieron 281, 457 y 524 °d, respectivamente (Izquierdo *et al.*, 2009). Se evaluaron tres especies de *Galium*, evidenciándose que su emergencia comenzó entre 250 y 300 °d, el 50% de emergencia se obtuvo alrededor de 400 °d para las tres especies. Asimismo, el modelo pudo determinar que la temperatura base y potencial hídrico base que mejor se ajustó fue a los 0 °C y -2,5 MPa para las tres

especies de *Galium* (Royo-Esnal *et al.*, 2010). En *Conyza bonariensis* L., se determinó que la temperatura y el potencial hídrico base para la germinación fue de 10,6 °C y -0,70 MPa, iniciándose la emergencia a con 15 tiempo hidrotermal (THT) después de la siembra, se alcanzó un 50 y 95% de emergencia con 53 THT y 105 THT, respectivamente (Zambrano, 2013). La emergencia de tres morfotipos de arroz maleza y dos variedades de arroz se inició cuando en el suelo se acumularon 25,80 °d y se alcanzó el 50% de emergencia a los 52,14 °d acumulados tanto para la maleza con para las variedades (Guerrero, 2010). La emergencia de dos accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., comenzó cuando había 110,67°d en el suelo en ambas poblaciones y alcanzó el 50% de emergencia a los 744,22 y 842,00 para IR110P e IR112P respectivamente (Rodríguez, 2010).

Banco de Semillas de Malezas del Suelo

El suelo es el entorno donde habitualmente llegan las semillas al final de su dispersión (Besnier, 1989). Este se comporta como un “banco” dispuesto a efectuar “prestamos” de semillas en ciertos momentos, pero manteniendo siempre una reserva significativa (Godoy *et al.*, 1995). Es por ello que el banco de semillas de malezas es la colección de semillas viables, latentes y quiescentes, que se encuentra presente en el suelo de un área determinada, que son capaces de reemplazar plantas adultas tanto anuales como perennes (Biwood e Inouye, 1988). Enriqueciéndose periódicamente o continuamente, según las circunstancias preexistentes del sitio. En el suelo sobreviven, perecen o germinan las semillas, sometidas a condiciones que dependen fuertemente del clima; las características del entorno que varían según las distintas zonas geográficas, puede ocasionar que se empobrezca gradualmente con las semillas que desaparecen, mueren o germinan (Besnier, 1989).

Las poblaciones de malezas están formadas por individuos que varían en su estado funcional (semilla, plántula, planta adulta). Los estudios demográficos en la ciencia de las malezas han demostrado tener una utilidad práctica y en general se basan en la división del ciclo biológico de la planta en diferentes estados

funcionales: banco de semillas, plántulas, plantas adultas y lluvia de semillas, cada fase está unida a otra a través de los procesos demográficos: germinación, supervivencia (o longevidad) del banco de semillas, supervivencia de las plántulas y fecundidad (González, 2010).

La composición del banco de semilla de maleza en el suelo está afectada por los cultivos presentes, por el manejo agronómico y además varía de un campo a otro (Godoy *et al.*, 1995), Por lo general el banco de semillas está confinado a los 10 cm superiores, siendo esa la profundidad a la cual se deben extraer las muestras para los estudios de banco de semillas de malezas del suelo (González, 2010).

Los estudios de banco de semillas del suelo son muy variados en el mundo, dentro de ellos se pueden señalar algunos casos tales como los realizados en varias fincas del estado Guárico-Venezuela que evidenciaron como las especies de malezas más frecuentes en esa localidad a: *Limnocharis flava* (L.) Buchenau, *Cyperus fera* L., *Ludwigia spp*, *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl y *Echinochloa colona* (L.) Link (Ortiz y González, 2001). En un estudio más reciente en la misma localidad el banco de malezas del suelo estuvo formado en mayor cuantía por *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd., *Cyperus iria* (L.) y *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl (Pérez, 2011).

En un lote de la finca Soledad de Armo, Portuguesa-Venezuela, se encontró que el banco de malezas estuvo constituido en su mayoría por las especies: *Sphenoclea zeylanica* Gaertn., *Ammannia latifolia* L., *Cyperus iria* L., *Echinochloa colona* (L.) Link, *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav., arroz maleza/rojo (*Oryza sativa* L.), *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd; *Ludwigia sp*, arroz voluntario; *Cyperus odoratus* L., *Limnocharis flava* (L.) Buchenau, *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl, *Cyperus palustris* (L.) A. St.-Hil, *Eclipta prostrata* L., *Ischaemum rugosum* Salisb. (Abreu y Solórzano, 2006).

En la finca El Esfuerzo, Ospino-Portuguesa se determinó que las malezas de mayor número por metro cuadrado en orden de importancia fueron: *Cyperus iria* L., *Ammannia latifolia* L., *Leptochloa scabra* Ness, *Ludwigia leptocarpa*,

Echinochloa colona (L.) Link, *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl, arroz maleza/rojo, *Sphenoclea zeylanica*, arroz voluntario, *Eclipta prostrata* (L.) L., *Cyperus odoratus* L., *Cyperus esculentus* L., *Lindernia crustacea* (L.) F. Muell. y *Malachra alceifolia* Jacq. (Ortiz, 2010). En la finca La Lucia, Turén-Portuguesa, se encontró que el lote evaluado presentó una alta densidad de semillas de arroz maleza con una alta viabilidad, mediana mortalidad, alta latencia y baja germinación, indicando la presencia de un gran banco pasivo (Ortiz *et al.*, 2009).

Estudios sobre profundidad enterramiento de semillas de *E. colona* y manejo con lámina de agua

Las semillas de *E. colona* que fueron enterradas en los tratamientos superficialmente, 5 y 20 cm del suelo mostraron un porcentaje de emergencia de plántulas de 100, 20 y menos del 10%, respectivamente (Chaves, 1996). La cobertura de residuos de cosecha a razón de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 t ha⁻¹ tuvo una emergencia de plántulas de 50, 46, 41, 34, 27, 18, 13, 10 y 8 plantas m⁻², respectivamente, evidenciándose una relación inversa entre la cantidad de cobertura usada y plántulas emergidas (Ortega y Agüero, 2005). Semillas de *Amaranthus quitensis* K. sembradas a profundidades de 0,5 y 4 cm, con niveles de rastrojo de 0 y 6000 kg/ha, presentaron mayor números de plántulas emergidas a 0,5 que a 4 cm de profundidad y a su vez fue mayor con 0 que con 6000 kg/ha de rastrojo (Faccini y Vitta, 2007). La lámina de agua de 0, 5, 10, 15 y 20 cm colocadas en potes donde habían sido sembradas semillas de *Echinochloa crus-galli* P. Beauv. var. *crusgalli* mostraron 83, 83, 74, 6 y 0 % de emergencia, respectivamente (García y Gómez, 2006). Mientras que poblaciones de *E. crus-galli* y otras malezas fueron controladas con una lámina de agua de 5 ± 2cm (Banerjee *et al.*, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ajuste de un modelo para predecir la emergencia de las accesiones EC33P(R) y EC114P(S)

El experimento se realizó dos veces (período de sequía y período de lluvia) en la finca Soledad de Armo, dedicada al cultivo de arroz, ubicada en el municipio Páez, en la localidad de Durigua Vieja, Potrero de Armo, Estado Portuguesa y una vez en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Campus Maracay, municipio Girardot, Estado Aragua (validación del modelo).

El experimento fue conducido bajo un diseño completamente aleatorizado con dos accesiones de *E. colona*, EC33P resistente a propanil, cyhalofop-butil y fenoxaprop-etil (proveniente de la Finca Hermanos Rufatto, Municipio Esteller, Portuguesa.) y EC114A accesión susceptible a esos herbicidas [Ambas accesiones pertenecen a la colección del proyecto Manejo Integrado de Malezas en Arroz (MIMA)]. Constituyendo los dos tratamientos de este experimento y ocho repeticiones, para un total de 16 unidades experimentales (microparcels).

Las microparcels de muestreo tenían dimensiones de 30cm de diámetro por 5cm de profundidad y estaban separadas en una distancia entre si de un metro. En cada microparcels se colocó un anillo de PVC el cual tenía en una de las caras una malla de orificios de menor tamaño que las semillas de *E. colona* (para prevenir el escape de las semillas en el campo), con las mismas dimensiones descritas anteriormente para la microparcels. En cada uno de los huecos delimitados por el anillo de plástico se colocó una mezcla de suelo más 1000 semillas de *E. colona*, las cuales fueron agitadas previamente hasta obtener una distribución homogénea de las semillas en el suelo. Al comienzo del experimento se realizó una prueba de germinación a las semillas antes de ser enterradas. Esta mezcla fue compactada hasta quedar a nivel con el resto del suelo de la parcella.

Para determinar el patrón de emergencia de cada accesión, época y localidad; se contaron las plántulas de *E. colona* emergidas en las microparcels con frecuencia semanal hasta que emergieran la totalidad de semillas sembradas o no se evidenciara más emergencia. En cada evaluación, se eliminaron las plántulas una vez contadas.

Adicionalmente, en el área donde se encontraban las microparcels se instalaron dos sensores en el suelo, uno de temperatura y otro de humedad. Las sondas, contaban con un datalogger programado para dar la lectura de datos cada hora, permitiendo el monitoreo continuo de humedad y temperatura del suelo durante toda la lectura del estudio.

En los alrededores de las microparcels de muestreo se realizó un control manual de malezas, cada tres días aproximadamente durante el periodo del experimento, asimismo se realizaron riego semanales y después de los 30 días de estar establecido el experimento se construyeron muros que cubrieron el área donde se encontraban todas las microparcels para mantener una lámina de agua constante, simulando las condiciones del cultivo de arroz.

Banco de semillas del suelo en una finca de arroz

Se realizó un muestreo de suelo en un lote de 2,10 ha, de la finca "Soledad de Armo" dedicada al cultivo de arroz, ubicada en el municipio Páez, en la localidad de Durigua Vieja, Potrero de Armo, Estado Portuguesa. Se efectuó un muestro en diagonales dobles en el lote, tomándose un total de 5 muestras (Figura 1). En cada punto de muestreo se abrió una trinchera de 0,30m de ancho por 0,30m de largo por 0,20m de profundidad. Por una cara de la trinchera se tomó la muestra de suelo para evaluar el número de plántulas de malezas por metro cuadrado durante un periodo de un mes, utilizando un toma muestra de acero, con dimensiones de 17 cm de largo, 13 cm de ancho y con 10 cm de alto (Ortiz, 2004). Cada muestra fue empaquetada en bolsas plásticas e identificada con el número del punto del lote de donde se extrajo.

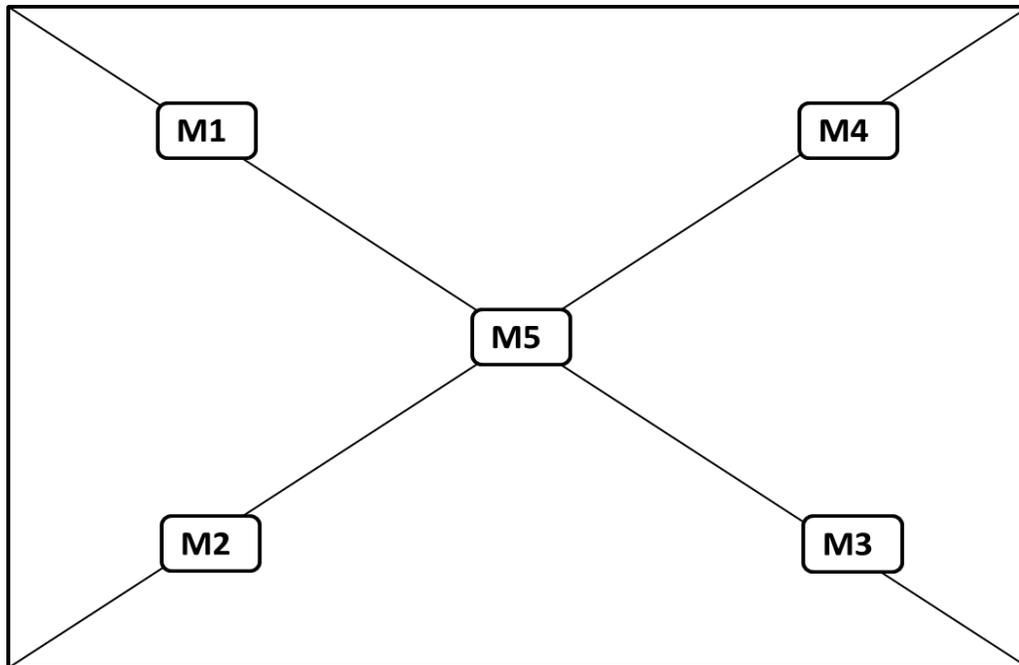


Figura 1. Representación gráfica del muestreo utilizando la metodología de diagonales dobles para la extracción de los bancos de semillas.

A las muestras recolectadas se les contabilizó el número de plántulas de malezas por metro cuadrado, según la metodología de Forcella, (2004) modificada por Ortiz *et al.* (2009), para tal fin se procedió a colocar las muestras tomadas del lote en envases plásticos con dimensiones parecidas al toma muestra, se identificaron con el número de la muestra a la cual corresponde y posteriormente se colocaron en el invernadero del Departamento de Agronomía, UCV-FAGRO, y se regaron cada dos días. Se contaron las plántulas emergidas cada 7 días después de colocarla en los envases por un periodo de un mes y se expresaron en plántulas por metro cuadrado.

Temperatura óptima de germinación de semillas

Se realizaron pruebas de germinación de las accesiones EC33P y EC114A, según la metodología de las pruebas de semillas de la Asociación Internacional de Pruebas en Semillas por sus siglas en inglés ISTA (ISTA, 1993), bajo un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, se tomaron 400 semillas de cada accesión, correspondiendo a 100 semillas para cada replica. Las semillas

fueron colocadas en cápsulas de Petri de 15 cm de diámetro, en el fondo de la cápsula se colocaron dos discos de papel absorbente y posteriormente se humedecieron con agua destilada. Las cápsulas fueron colocadas en una cámara de germinación modelo D-7400 con luz y temperatura constante fabricada por LAB –TECH INC., ubicada en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Agronomía, UCV-FAGRO. Las cápsulas se humedecieron con agua destilada cada dos días.

Los tratamientos evaluados en cada una de las accesiones en este ensayo fueron las temperaturas siguientes: 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 °C. Los conteos de las semillas germinadas se realizaron a los 7, 14 y 21 días después de haberse montado la prueba.

Profundidad de enterramiento de las semillas

Se colocaron 30 semillas de cada una de las accesiones EC33P y EC114A en potes plásticos a las profundidades de enterramiento de: 0, 1, 2, 3, 4, 5 cm según la metodología usada por Chaves (1996), bajo un diseño completamente aleatorizado con cuatro replicas y se repitió para su validación. El experimento fue llevado a cabo bajo las condiciones del invernadero del Departamento de Agronomía de la UCV-FAGRO. Los conteos y las evaluaciones de las plántulas emergidas fueron realizados a los 7, 14, 21 y 28 días posteriores a la siembra.

Efecto de la lámina de agua sobre la emergencia de plántulas

Se colocaron 50 semillas de cada una de las accesiones EC33P y EC114A en potes contentivos de 4 kg de suelo bajo un diseño completamente aleatorizado con cinco réplicas y se repitió para su validación. Los tratamientos consistieron en establecer una lámina de agua en cada pote de 0, 10, y 20 cm, siguiendo la metodología usada por García y Gómez (2006). Se contó el número de plántulas emergidas a los 7, 14, 21, 28 y 35 días después de la siembra. El experimento fue establecido en el invernadero del Departamento de Agronomía de la UCV-FAGRO.

Análisis estadísticos

En el experimento sobre ajuste de un modelo, los porcentajes de emergencia de plántulas acumuladas de las accesiones EC33P y EC114A, fueron modelados en función de los grados días acumulados para cada una, se utilizó la ecuación de Gompertz de tres parámetros mediante el análisis estadístico de regresión no lineal usando el programa estadístico Sigma Plot versión 12.0.

$$Y = a * e^{(-e^{-(TT-c)/b})}$$

Donde Y es el porcentaje de emergencia acumulado, a es la asíntota (máximo valor teórico para Y normalizado a 100 %). Por lo tanto, este parámetro se hace constante a 100, c es el punto de inflexión, y 1/b es la tasa de aumento. La acumulación de tiempo térmico (TT), en cada hora, se calculó según la siguiente ecuación:

$$TT = \sum (Tm - Tb)$$

Donde Tm y Tb son la temperatura media del suelo y la temperatura base (10°C según Leguizamón y Lovato, 2014) caso para la germinación de semillas *E. colona*, respectivamente.

La robustez del modelo se determinó con el R² ajustado y donde el error estándar de los parámetros y del modelo no supero al 10%, se utilizó para graficar y predecir la máxima emergencia para *E. colona*.

Para validar el modelo se utilizó la raíz cuadrada de la media del error (root mean-square error RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Dónde x_i y y_i representan el valor observado y predicho el porcentaje de emergencia acumulado de plántulas, respectivamente, y n es el número de

observaciones. RMSE proporciona una medición de la diferencia típica entre el valor predicho y real en las unidades de emergencia de las plántulas en porcentaje (Zambrano *et al.*, 2013).

Para el ensayo de banco de semillas del suelo se realizó un análisis estadístico descriptivo de los datos, donde se presentaron la media, desviación estándar e histogramas de frecuencia.

En los experimentos de temperatura óptima de germinación de semillas, profundidad de enterramiento de las semillas y efecto de la lámina de agua sobre la emergencia de plántulas de las accesiones EC33P(R) y EC114A(S), una vez comprobados los supuestos del análisis de varianza, se realizó el ANAVAR, a los datos que resultaron con diferencias estadísticamente significativas se les aplicó una prueba de medias de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Patrón de emergencia de plántulas

1. Ajuste de un modelo para predecir la emergencia de las accesiones EC33P(R) y EC114P(S)

El modelo de Gompertz proporcionó un buen ajuste de los datos en los experimentos realizados en la localidad de Potrero de Armo, municipio Páez (en la época de lluvia y sequía) (coordenadas geográficas 09° 32' 50.2'' N, 69° 07' 03.2'' O) y validado en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en Maracay, estado Aragua (10° 16' 05.0'' N, 67° 36' 38.7'' O) y fue lo suficientemente preciso para explicar la emergencia acumulada de las accesiones R y S en función del tiempo térmico (°d), cuyo valores de RMSE y R^2_{adj} fueron de 7,89; 8,97 y 0,91; 0,89 (época de lluvia), 8,81; 6,02 y 0,93; 0,96 (época de sequía) y 4,99; 11,36 y 0,95; 0,83 (Maracay) respectivamente para cada accesión (Cuadro 1).

De acuerdo con la predicción del modelo, el 5% de la emergencia de plántulas de la accesión R en la época de lluvia en Portuguesa fue a los 26 °d, mientras que en el caso de la S ocurrió a los 24 °d, y en la época de sequía fue a los 13 y 19 °d. No obstante en Maracay en la época de sequía la accesión R tuvo 5 % de emergencia a 0,56 °d mientras que la S a los 24 °d (Figura 2, Cuadro 2). Estos resultados muestran que la emergencia de las accesiones R y S tuvo diferencias en cada época de evaluación y entre localidades, evidenciándose que la accesión R comenzó a emerger (arranque) más rápido que la S en todas las condiciones evaluadas.

Posteriormente, las plántulas R incrementaron de manera constante su emergencia y alcanzaron el 50% a los 156 y la S a los 213 °d en la época de lluvia. Por otro lado, en la época de sequía la R alcanzó el 50% de emergencia a los 488 °d y la S a los 309 °d, mientras que en Maracay se observó el 50% de emergencia de la R a los 181 y la S a los 214 (S) °d (Figura 2, Cuadro 2). En Portuguesa se observó que la R requirió más °d para acumular 50% de

emergencia que la S, sin embargo en Maracay la R tuvo un comportamiento diferente ya que requirió de menos temperatura acumulada para alcanzar el 50% de emergencia.

El 75% de emergencia de plántulas se observó en R a los 247 °d (lluvias), 772 °d (sequía) en Portuguesa, y 305 °d en Maracay. La S 369 °d (lluvias); 500 °d (sequía) y en Maracay 346 °d.

El patrón de emergencia descrito por las accesiones R y S tiende a presentar diferencias, en Portuguesa, para la época de lluvia, la accesión resistente requirió acumular menor cantidad de grados días para que ocurriera el 50% de emergencia, en comparación con la accesión susceptible que acumuló una mayor cantidad (Figura 3). Caso contrario ocurrió en la época de sequía, la accesión resistente necesitó acumular mayor cantidad de tiempo térmico (480 °d) en comparación con la susceptible (309°d) para alcanzar el 50 % de emergencia, este comportamiento diferencial en cada época pudiera deberse al efecto del ambiente que aumentó la latencia de las semillas (Vleeshouwers y Kropff, 2000) ya que las mismas tenían 99% de germinación al momento de establecerse este experimento, lo que ocasionó un retardo en su emergencia y la necesidad de acumular mayor cantidad de tiempo térmico. Aunque un reporte reciente indicó que la accesión S tiende a perder su latencia a los 30 días después de la cosecha, mientras que R mantuvo valores fluctuantes de $\pm 40\%$ de latencia en las semillas durante los 75 días de evaluación (Gómez, 2016).

La variación con respecto al requerimiento de tiempo térmico de las semillas, podría deberse probablemente a una subpoblación dentro la población; lo que ocasiona una emergencia tardía dando como consecuencia que se adapte mejor a los campos de producción y por lo tanto dicho patrón de emergencia puede representar una respuesta evolutiva a presión de selección o que presente un comportamiento bifásico como se determinó en *Ambrosia trifida* L., cuando se evaluó el tiempo hidrotérmico en épocas y años diferentes (Schutte *et al*, 2008).

En relación con la accesión S, ésta presentó un comportamiento homogéneo en cuanto a requerimiento de tiempo térmico durante los períodos y localidades evaluadas.

Los estudios de predicción de emergencia de malezas han sido un gran aporte, ya que han permitido generar información de interés para el productor, por ejemplo, en Argentina, se determinó que la emergencia acumulada de plántulas de *E. colona*, superó el 100% de emergencia a partir de 703 °d acumulados (Picapietra y Acciaresi, 2013). No obstante, en California se predijo que la emergencia de *Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koso-Pol., ocurrió cuando se acumularon 30,93 y 27,77 °d en las poblaciones susceptible y resistente, respectivamente (Boddy *et al.*, 2012). Mientras que *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., alcanzó el 1% de emergencia a los 22,9 °d y el 50% cuando acumuló 34,4 °d (Hongxiang *et al.*, 2015) y en *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, se determinó que inició su emergencia después de 15 °d, alcanzando rápidamente el 50 y 95% con 53 y 105 °d, respectivamente (Zambrano, 2013). Predecir la emergencia de malezas es una herramienta útil para definir las restricciones ambientales para la germinación y emergencia de malezas, indicadores importante a tomar en consideración en los programas de mitigación de la resistencia de malezas a herbicidas.

Cuadro 1. Parámetros estimados y RMSE de la emergencia acumulada como una función del tiempo térmico para el modelo de Gompertz para las accesiones EC33P (R) y EC114A (S) en la localidad de Portuguesa (época de lluvia y sequía) y Maracay.

Localidad/Accesión	Ecuación	Parámetros de regresión			Y	RMSE	R ² adj	P
		a	B	C				
Portuguesa (Lluvia)								
EC33P(R)	$Y = a * e^{(-e^{-(TT-c)/b})}$	89,8970	81,4469	111,8443	156	7,8974	0,9147	<0,0001 *
EC114A(S)	$Y = a * e^{(-e^{-(TT-c)/b})}$	84,9115	112,9696	141,2298	213	8,9739	0,8942	<0,0001 *
Portuguesa (Sequía)								
EC33P(R)	$Y = a * e^{(-e^{-(TT-c)/b})}$	97,5746	312,9644	358,9333	488	8,8100	0,9387	<0,0001 *
EC114A(S)	$Y = a * e^{(-e^{-(TT-c)/b})}$	94,3877	188,2636	223,8788	309	6,0225	0,9697	<0,0001 *
Maracay								
EC33P(R)	$Y = a * e^{(-e^{-(TT-c)/b})}$	93,3226	120,4677	119,6376	181	4,9907	0,9562	<0,0001 *
EC114A(S)	$Y = a * e^{(-e^{-(TT-c)/b})}$	94,5741	130,1398	155,1384	214	11,3651	0,8318	<0,0001 *

* Significativo Y: 50% de emergencia acumulado, a: asíntota, b: tasa de aumento y c: es el punto de inflexión.

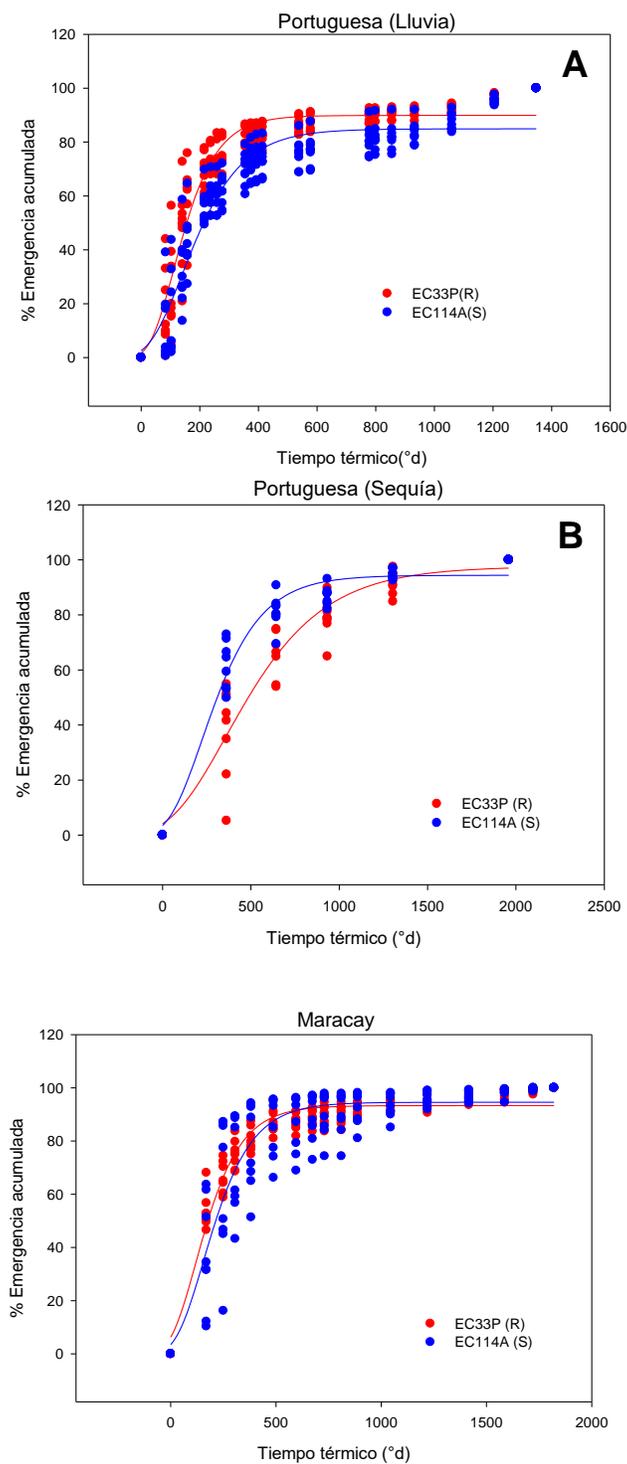


Figura 2. Porcentaje de emergencia acumulada para las accesiones EC33P (R) y EC114A (S) en función del tiempo térmico ($^{\circ}$ d) en la localidad de Portuguesa en A (época de lluvias), B (época de sequía) y Maracay (época de sequía). Utilizando el modelo de Gompertz, valor observado (puntos) y predicho (línea).

Cuadro 2. Emergencia acumulada como una función del tiempo térmico para las accesiones EC33P (R) y EC114A (S) en la localidad de Portuguesa (época de lluvia y sequía) y Maracay.

Localidad/Accesión	Porcentaje de emergencia acumulada en función del tiempo térmico (°d)		
	5%	50%	75%
Portuguesa (Lluvia)			
EC33P(R)	26	156	247
EC114A(S)	24	213	369
Portuguesa (Sequía)			
EC33P(R)	13	488	772
EC114A(S)	19	309	500
Maracay			
EC33P(R)	0,56	181	305
EC114A(S)	24	214	346

2. Patrón de emergencia de plántulas de *E. colona* EC33P(R) y EC114P(S)

En la Figura 3 se muestra el patrón de emergencia de las plántulas para ambas accesiones, donde se observa una diferencia en la evolución de la emergencia entre las dos accesiones R y S de *E. colona*.

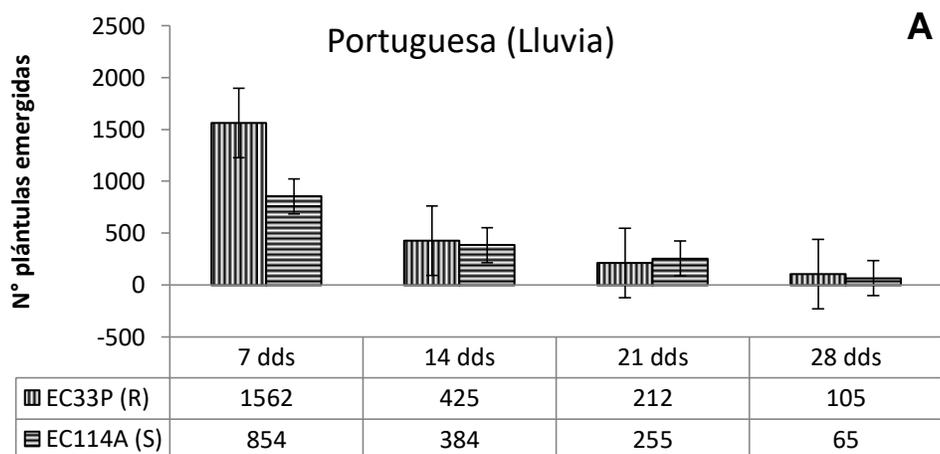
La accesión R presentó una mayor emergencia de plántulas en los primero 7dds en Portuguesa en la época de lluvia (1562 plántula), mientras que la S tuvo 854 plántulas. Las dos accesiones se comportaron diferentes al momento del arranque del establecimiento en campo, sin embargo, a medida que trascurrieron los días de evaluación la emergencia de ambas accesiones disminuyó y se equipararon (Figura 3 A).

No obstante, en los experimentos de Portuguesa (Sequía) la emergencia de la accesión susceptible en los primeros días después de la siembra superó en número de plántulas a la resistente (2126 plántulas), mientras que la R tuvo 689 plántulas, los días posteriores de la evaluación se mantuvo una tendencia similar a disminuir el número de plántulas emergida para ambas accesiones, manteniéndose los valores de S por encima de R (Figura 3 B).

La evaluación en Maracay (sequía) arrojó que la S tuvo más plántulas emergidas a los 7 dds (1219) que la R (834), manteniéndose la misma tendencia a los 14, 21 y 28 dds, aunque con menor número de plántulas comparadas con 7 dds, tal como ocurrió en la época de sequía de Portuguesa (Figura 3 C).

Los resultados obtenidos muestran similitud a lo reportado por otros investigadores, cuando se evaluó el patrón de emergencia de una accesión resistente y una susceptible de *I. rugosum*, se evidenció que la accesión susceptible mostró un mayor número de plántulas emergidas durante toda la evaluación, siendo su comportamiento diferente entre sí (Rodríguez, 2010).

En el mismo orden de ideas, cuando se comparó el patrón de emergencia de arroz maleza y las variedades de arroz, se obtuvo que la emergencia fue similar, presentando 72% de la emergencia tanto para arroz maleza como para una de las variedades a 14 dds (Guerrero, 2010). Mientras que *C. bonariensis* alcanzó el 50% de su emergencia durante la segunda y tercera semana de establecido el ensayo en dos época del año y localidades diferentes (Zambrano, 2013).



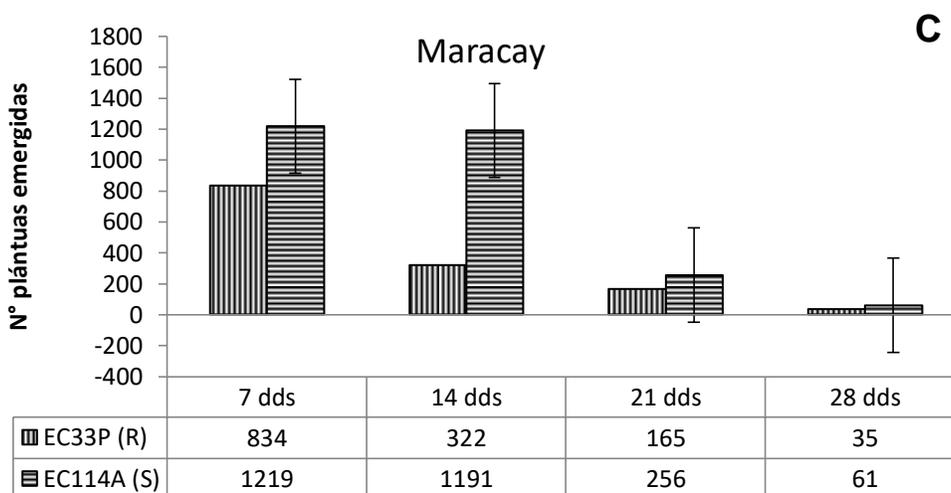
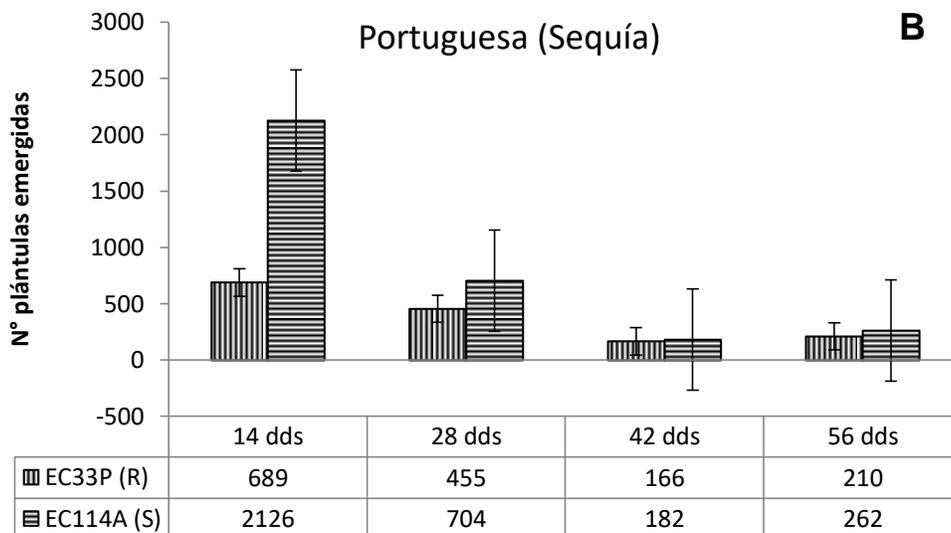


Figura 3. Evaluación del patrón de emergencia de plántulas de *E. colona* días después de la siembra (dds) durante los experimentos llevados a cabo en Portuguesa [Época de Lluvia (A) y Sequía (B)] y Maracay (C).

Banco de semillas del suelo en una finca de arroz

En el Cuadro 3 se puede observar que en el lote muestreado se encontraron a *D. scabra* y *C. odoratus* como las malezas más predominantes según su aparición,

considerando los 35 días de evaluación (cinco semanas). Con una incidencia intermedia según el orden de importancia se puede nombrar a *E. colona*, seguida por *I. rugosum* y *F. littoralis* las cuales se encontraron con los valores más bajo de plántulas emergidas.

Por otro lado, se encontró un 55,99 % de emergencia de malezas en el suelo en las dos primeras semanas de evaluación, correspondiendo éstas a las cohortes que por lo general se controlan con herbicidas postemergentes en el cultivo de arroz.

Las especies de importancia en el arroz tales como *I. rugosum* mostraron 36,23 plántulas.m⁻² y *E. colona* 169,06 plántulas.m⁻², mientras *D. scabra*, *C. odoratus* Y *F. littoralis* 404,53; 313,96 y 9,06 plántulas.m⁻² respectivamente. Algunos investigadores mencionan que a partir de 42 plantas.m⁻² de *I. rugosum* se reducen los rendimientos del cultivo de arroz hasta un 50% (Lubigan y Moody, 1990). Mientras que 20 plantas.m⁻² de *E. colona* redujeron 280 kg.ha⁻¹ el rendimiento de arroz paddy (Smith, 1974). Asimismo, mientras que el banco activo de semilla se caracterizó por la mayor incidencia de plátulas.m⁻² de *F. littoralis* 51176 y un grupo de menor emergencia de 2489 plátulas.m⁻² de *D. scabra*, 4525 plátulas.m⁻² de *Ludwigia leptocarpa* (Nutt.) H. Hara; 4027 plátulas.m⁻² de *C. odoratus*, 2941 plátulas.m⁻² de *E. colona*, 5475 plátulas.m⁻² de *C. iria*, 950 plátulas.m⁻² de *Caperonia palustris* (L.) A. St.-Hil. (Papa, 2013).

Es importante resaltar que durante la evaluación no se evidenció emergencia de plántulas de arroz rojo (*Oryza sativa* L.), en comparación a previo trabajo realizados en la misma finca Soledad de armo, pero en otro lote, en el estado Portuguesa donde se encontraron 190,641 y 120 plántulas.m² de arroz rojo a las profundidades de 0 – 10 y 10 -20 cm, respectivamente (Ortiz, et al., 2009).

Cuadro 3. Número de plántulas de malezas por metro cuadrado, encontradas en el banco activo del suelo, a la profundidad de 0-10 cm, en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”, ubicada en el municipio Páez, en la localidad de Durigua Vieja, Potrero de Armo, Estado Portuguesa.

DDS	Plántulas.m-2					TOTAL	%
	<i>I. rugosum</i>	<i>E. colona</i>	<i>F. littoralis</i>	<i>C. odoratus</i>	<i>D. scabra</i>		
7	24,15	30,19	0,00	126,79	126,79	307,92	33,01
14	0,00	3,02	6,04	93,58	111,70	214,34	22,98
21	0,00	3,02	3,02	48,30	48,30	102,64	11,00
28	6,04	114,72	0,00	9,06	30,19	160,00	17,15
35	6,04	18,11	0,00	36,23	87,55	147,92	15,86
TOTAL	36,23	169,06	9,06	313,96	404,53	932,83	100
%	3,88	18,12	0,97	33,66	43,37	100	

La emergencia de las cinco malezas encontradas en el banco activo de malezas del suelo se agruparon en cuatro grupos, el primero que concentró la mayor emergencia de plántulas en los primeros 14 dds (*D. scabra* y *C. odoratus*) (Figura 4); en el segundo se encuentra *F. littoralis* con una emergencia entre los 14 y 21 dds (Figura 5), el tercero conformado *E. colona* con la máxima de emergencia a los 28 dds (Figura 6); y por último el cuarto grupo con dos picos marcados de emergencia *I. rugosum* (7 y 28 a 35 dds) (Figura 7).

Llama la atención los picos marcados de emergencia de *I. rugosum* y la emergencia tardía de *E. colona*, siendo las malezas de mayor importancia económica del cultivo del arroz en la actualidad, ya que ambas malezas han desarrollado resistencia al herbicida bispiribac sodio (Blanco, 2011; Fernández, 2012). Asimismo, se ha reportado que *I. rugosa* desarrolló resistencia a profoxidim (Ortiz *et al.*, 2015) e imazapir + imazetapir (Taccarelli, 2011) mientras que *E. colona* a cyhalofop-butil (López, 2010) fenoxaprop-etil (Peraza, 2013) y cyhalofop-butilo + bispiribac-sodio (Chaviedo, 2016) lo que podría estar indicando que quizás en el manejo de esta maleza resistente se podría implementar la falsas siembras con herbicidas no selectivos al arroz, que consiste en inducir la emergencia de las

malezas a través del riego o mojes de las melgas para luego aplicar glifosato y reducir el tamaño del banco de semillas quiescentes.

El método de la emergencia permite predecir lo que va a pasar en el cultivo en tiempo real, al permitir conocer la dinámica poblacional de las semillas a nivel horizontal y vertical del suelo se puede convertir en una herramienta poderosa para hacer eficiente el control de malezas en cualquier cultivo.

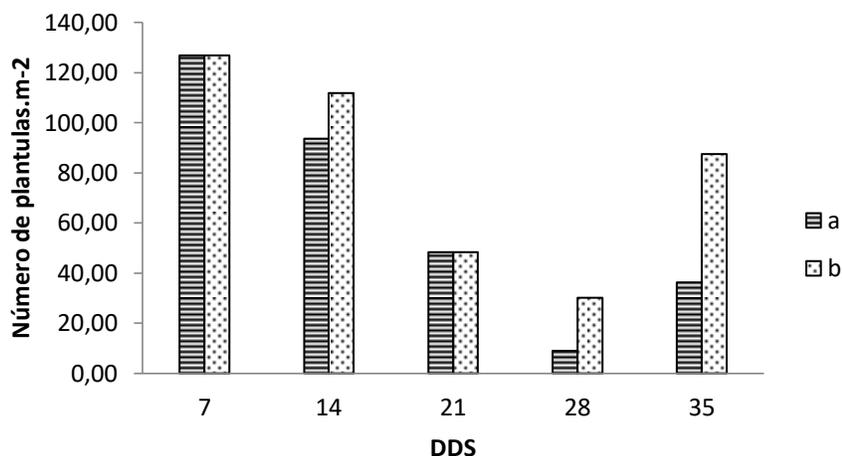


Figura 4. Evolución de la emergencia de plántulas.m⁻² de las malezas *C. odoratus* (a) y *D. scabra* (b), en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.

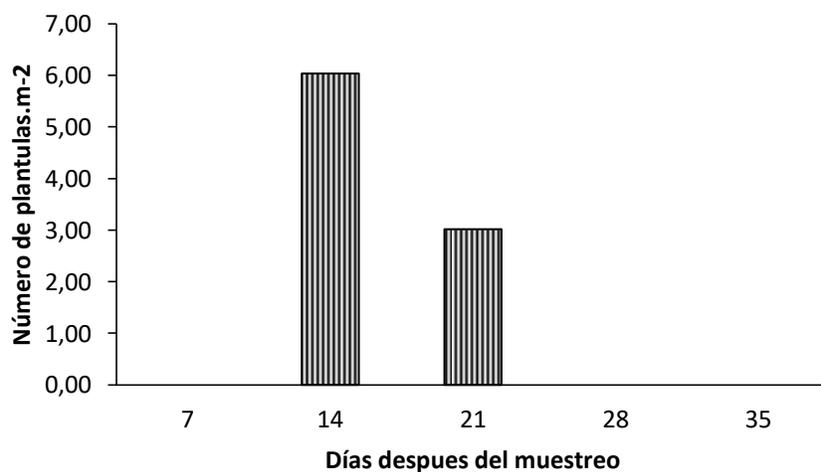


Figura 5. Evolución de la emergencia de plántulas.m⁻² de las malezas *F. littoralis*, en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.

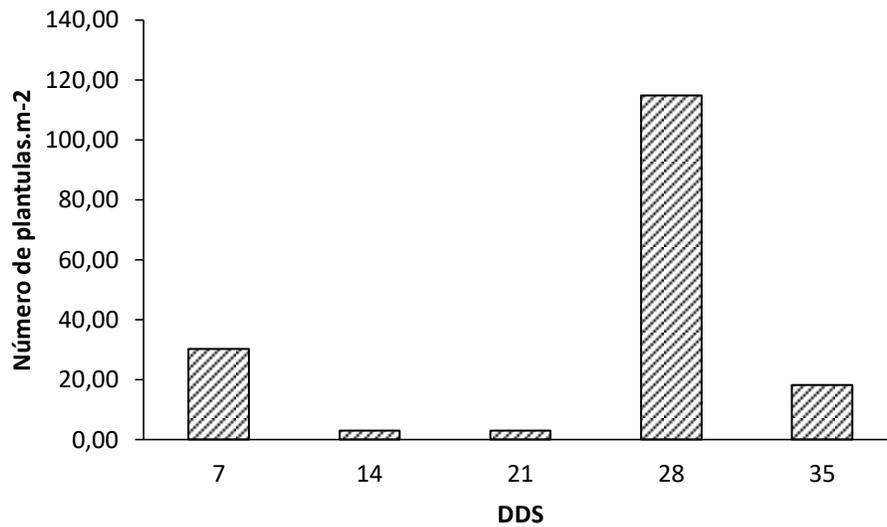


Figura 6. Evolución de la emergencia de plántulas.m⁻² de las malezas *E. colona*, en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.

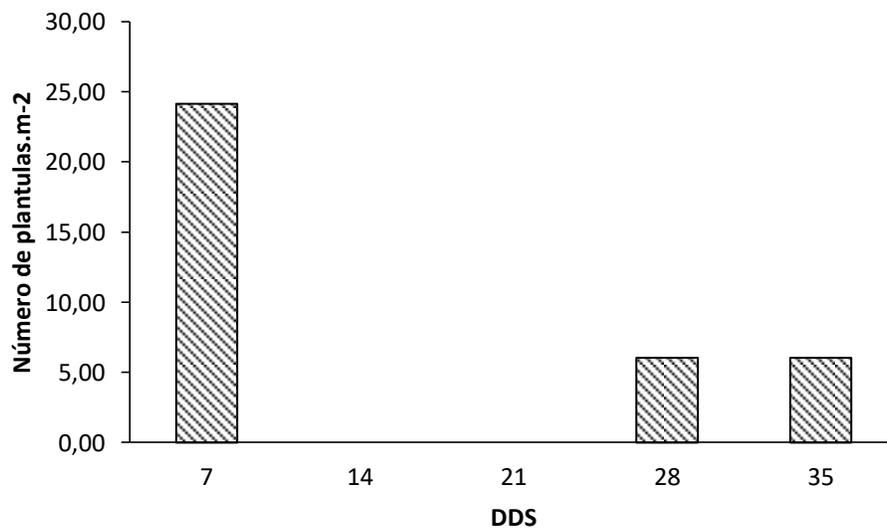


Figura 7. Evolución de la emergencia de plántulas.m⁻² de las malezas *I. rugosum*, en días después de la siembra en bandeja de muestras de suelo (DDS), en un lote de 2,10 ha, de la finca “Soledad de Armo”.

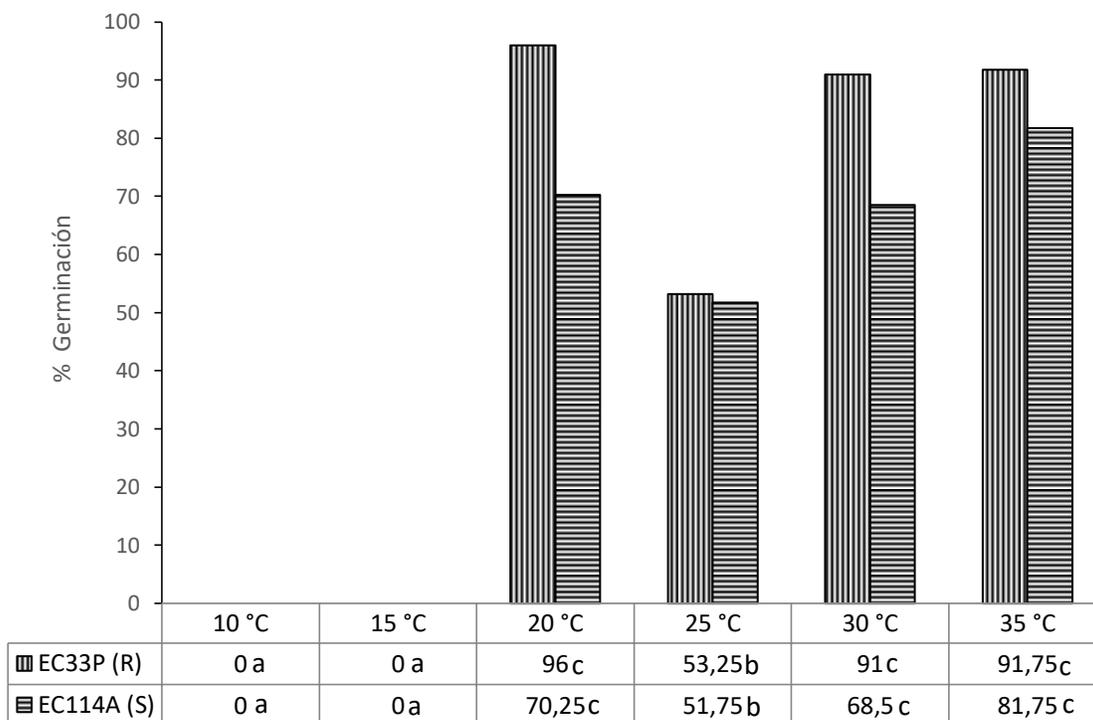
Temperatura óptima de germinación de semillas

En el Figura 8 se puede observar que las semillas ambas accesiones presentaron un patrón similar de germinación acumulada 21 días después de la siembra (dds) en función de las temperaturas evaluadas, sin embargo mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre sus tratamientos, evidenciándose que la accesión R presentó mayor porcentaje de semillas germinadas en comparación con S en los tratamientos de 20, 25, 30 y 35 °C.

Por otro parte, los mayores valores de germinación de semillas de R fueron de 96; 91,75 y 91% a temperaturas de 20, 35 y 30°C, respectivamente, mientras que en la accesión S los porcentajes fueron de 81,75; 70,25 y 68,5% a las temperaturas de 35, 20 y 30°C, respectivamente. Obteniéndose el valor más alto de germinación a los 20 °C para R y 35°C para la accesión S. Esto resultados obtenidos presentan semejanza con lo reportado en investigaciones previas donde reflejan que la temperatura óptima de germinación para *E. colona*, se encuentran en un rango de 20 a 35°C (Bhagirath *et al.*, 2009).

En relación con el tratamiento de 25°C los porcentajes de germinación se ambas accesiones fueron bajas en comparación con el resto de los tratamientos, lo que guarda correspondencia con lo reportado anteriormente, donde semillas *E. colona* sometida a tratamientos de temperatura de 25 – 30 °C produjo un bajo porcentaje de germinación (4%) (Churión, 2013).

En el mismo orden de ideas, cuando las semillas de ambas accesiones se sometieron a los tratamiendos de 10 y 15°C no se evidenció germinación, lo cual no guarda relacion con lo reportado previamente por otros investigadores donde señalan que *E. colona* tiene como temperatura base 10°C (Leguizamón y Lovato, 2014), esto quizás debido a que a pesar de ser la misma especie tiene poblaciones adaptadas a diferentes pisos altitudinales.



Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

Figura 8. Porcentaje de germinación de semillas de accesiones de *E. colona* sometidas a diferentes tratamientos de temperatura (°C).

Profundidad de enterramiento de las semillas

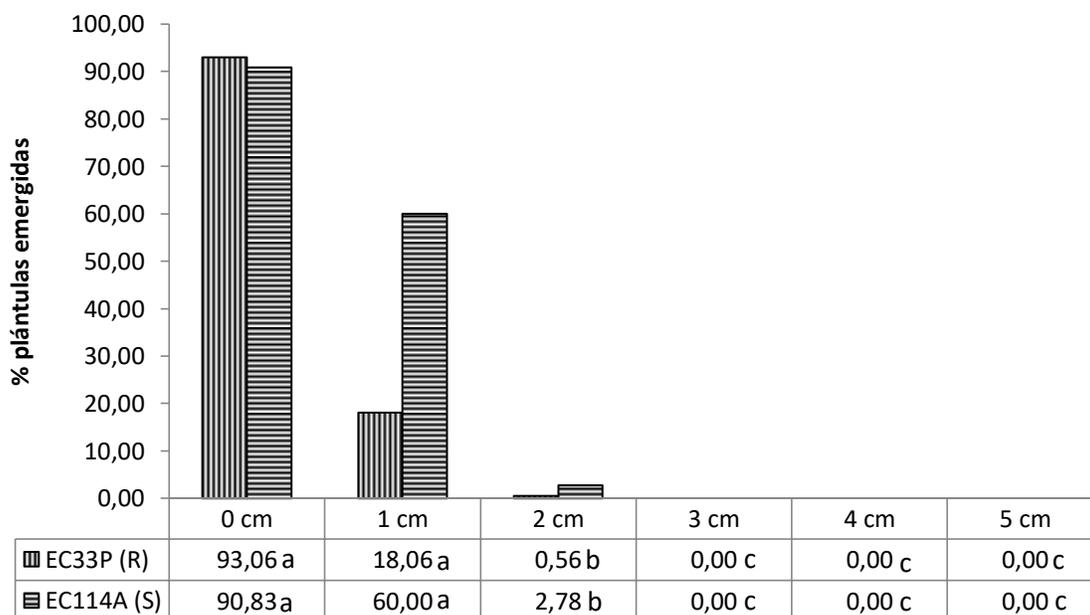
Los resultados del experimento mostraron que las diferentes profundidades de enterramiento afectaron de manera significativa ($p \leq 0,05$) la emergencia de plántulas de ambas accesiones, donde fue disminuyendo a medida que se aumentaba la profundidad a las cuales fueron sometidas (Figura 9). En los tratamientos de 0, 1 y 2 cm de profundidad se encontró para R una emergencia de 93,06; 18,06 y 0,56 %, y para S 90,83; 60 y 2,78 %, respectivamente. En los tratamientos de 3, 4 y 5cm no se evidenció emergencia de plántulas durante los 28 días de evaluación.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo reportado en Costa Rica, donde semilla de *E. colona* colocadas en la superficie del suelo presentaron alto porcentaje de plántulas emergidas y a medida que se aumentaba la profundidad de enterramiento disminuyó exponencialmente la emergencia (Chaves, 1996).

Igualmente ocurrió cuando se colocaron residuos de cosecha de arroz superiores a 1 t.ha^{-1} (Ortega y Agüero, 2005). Mientras que las semillas de *E. colona* colocadas en la superficie del suelo, la emergencia superó el 97% y a 6 cm de profundidad fue de 0%, también cuando se le puso cobertura de restos de cosecha de arroz a razón de 4 a 6 t ha^{-1} la emergencia se redujo (Bhagirath *et al.*, 2009).

En el mismo orden de ideas, la ausencia de germinación a profundidades superiores a los 2 cm posiblemente se deba a la inducción de latencia secundaria por luz en las semillas, como se encontró en semillas de *E. colona viabiles* que fueron enterradas a profundidades mayores de los 5 cm y no germinaron y cuando se les realizó la prueba de tetrazolio aún mantenían su viabilidad (Chaves, 1996).

Estos resultados obtenidos están generando indicadores para ser utilizar como herramienta e incorporarlo en los programas de mitigación de la resistencia de *E. colona* a herbicidas.



Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

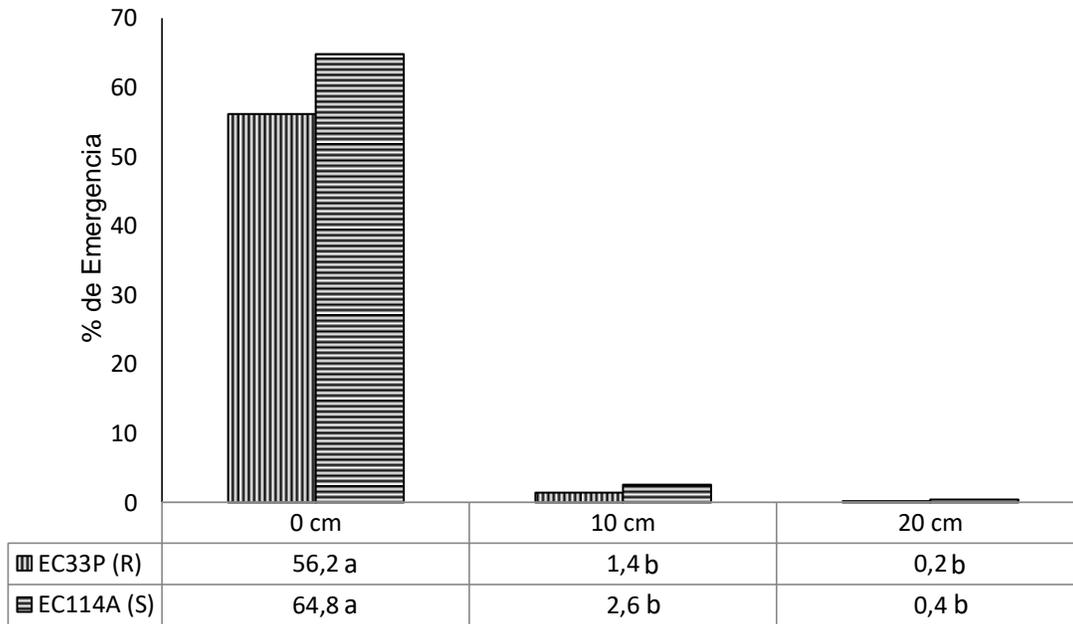
Figura 9. Porcentaje de emergencia de plántulas de accesiones de *E. colona* colocadas a diferentes tratamientos de profundidad (cm).

Efecto de la lámina de agua sobre la emergencia de plántulas

En la Figura 10 se muestra el porcentaje de emergencia acumulada de plántulas de *E. colona* que emergieron bajo la lámina de agua en las diferentes profundidades. Se puede observar que existen diferencias significativa ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos, cuando el suelo permaneció húmedo y sin lamina (testigo) la emergencia fue 56,2 y 64,8 % equivalente a promedio de 28,1 y 32,4 semillas de las 50 sembradas por repetición para R y S, respectivamente. Cuando la lámina de agua fue de 10 cm y 20 cm de profundidad, la emergencia se redujo significativamente en comparación con el testigo (0 cm) siendo menor del 3% para ambos tratamientos, mostrando diferencia significativa entre los tratamientos

En la profundidad de 10 cm y 20 cm un promedio de 2,8 y 2,2 semillas de R y 6,2 y 4,7 semillas de S, respectivamente, se encontraron flotando sobre la lámina de agua, germinaron y las plántulas comenzaron a crecer, lo que llama la atención debido que la lámina de riego se convierte en un medio de dispersión de maleza en condiciones de campo, ocasionando que ocurra la contaminación de un lote a otro. Si estas plántulas se logran establecer en los canales de riego o en el lote y llega a estado adulto, serian futura fuente de propagación.

Estos resultados obtenidos muestran que al utilizar láminas de agua de 10 cm es efectivo en el control de *E. colona*, lo cual guarda relación con lo reportado en Chile, donde *E. crus-galli* disminuyó su emergencia en un 30 % con 10 cm de lámina de agua y no presentó emergencia en lámina 15 cm (Pedreros, 2003). No obstante, *E. crus-galli* presentó una emergencia de 74, 6 y 0% en lámina 10, 15 y 20 cm (García y Gómez 2006).



Letras diferentes en la misma fila para tratamiento indican diferencias a $P < 0,05$.

Figura 10. Porcentaje de emergencia de plántulas de accesiones de *E. colona* colocadas a diferentes tratamientos de lámina de agua (cm).

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones de este trabajo experimental, se puede concluir que:

1. La accesión R emergió más en la época de lluvia, mientras que la S emergió más en la época de sequía. El patrón de emergencia de plántulas de *E. colona* en la localidad de Portuguesa y Maracay en la época de sequía presentaron igual comportamiento. El modelo de Gompertz predijo en forma adecuada el patrón de emergencia y mostró un buen ajuste de los datos.
2. En el banco de semillas de malezas del suelo se encontró *E. colona* con una alta cantidad de semillas quiescente corroborando la importancia de esta maleza en el estudio realizado, por otro lado las malezas *D. scabra*, *C. iria*, *I. rugosum* y *F. Ittoralis*, constituyen también un problema en el lote donde se realizó este estudio.
3. Por primera vez se reporta para el país la temperatura óptima de germinación para *E. colona* de 20 °C para R y 35 °C para S.
4. Enterrar las semillas de *E. colona* a más de 2 cm inhibe su emergencia.
5. La lámina de agua disminuye la emergencia de *E. colona* por ende es una práctica de manejo cultural que puede implementarse para la mitigación de la resistencia de esta maleza a herbicidas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar ensayos de validación del modelo en otras localidades productoras de arroz del país.
2. Debido al comportamiento de la accesión resistente en esta investigación, se deberían llevar a cabo estudios sobre la heredabilidad del patrón de emergencia de dicha accesión.
3. Al efectuar ensayos de temperatura, profundidad de enterramiento y lámina de agua, se deben realizar pruebas de viabilidad a las semillas que no germinen, para determinar si se le induce latencia o muerte de la semilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, A.; E. Solórzano. 2006. Estudio del banco de semilla de arroz rojo (maleza) del suelo en la finca "Soledad de Armo" ubicada en el estado Portuguesa. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 92p.

Anzalone, A. 2005. Herbicidas modos y mecanismos de acción en plantas. Venezuela. 43p.

Anzalone, A.; D. Peña; D. García. 2008. Evaluación de la resistencia de *Echinochloa colona* L. a los herbicidas glifosato y fluazifop-butil. Memorias del XXII Congreso de la Sociedad Venezolana para el Combate de Malezas. Maracay. Estado Aragua. Venezuela. CD-ROOM.

Banerjee, P; Dutta, D; Biswas, S; Bandyopadhyav P. y Maiti, D. 2005. Effect of irrigation and weed management on weed growth and yield performance of transplanted hybrid rice. Journal of crop and weed 2(1): 20-22.

Bradford, K. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science, 50:248–260.

Besnier, R. 1989. Semilla, Biología y Tecnología. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España. 173p.

Bhagirath, S.; B. Chauhan; D. Johnson. 2009. Seed germination ecology of junglerice (*Echinochloa colona*) a major weed of rice. Weed Science 57(3): 235-240.

Bigwood, D.; D. Inouye. 1988. Spatial patten analysis of seed banks: and Improved method and optimized sampling. Ecology 69(2): 497- 507.

Blanco, S. 2011. Evaluación de la resistencia de algunas poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida bispiribac sodio, recolectadas en

arrozales del estado Portuguesa. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad central de Venezuela. 57 p.

Boddy, L.; K. Bradford; A. Fischer. 2012. Population-based threshold models describe weed germination and emergence patterns across varying temperature, moisture and oxygen conditions. *Journal of Applied Ecology*. Volume49: 1225–1236.

Bradford, K. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science* 50:248–260.

Carretero, J. 1981. El género *Echinochloa* Beauv. en el suroeste de Europa. *Anales. Jardín Botánico Madrid* 38(1): 91-108. Disponible en: [http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/anales/1981/Anales_38\(1\)_091_108.pdf](http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/anales/1981/Anales_38(1)_091_108.pdf)] [Consultado: Noviembre, 2013].

Cásares, M. 2012. Diagnóstico sobre la situación del manejo de malezas y la resistencia a herbicidas en el cultivo de arroz en Venezuela. Trabajo de Ascenso para Asociado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 146p.

Castillo, F.; F. Castellví. 2001. *Agro-meteorología*. Editorial Mundi-Prensa Libros, S.A. México. D.F. Segunda Edición. 519p.

Chaves, L. 1996. *Echinochloa colona* (L.) link en arroz de secano: longevidad de la semilla en el suelo e integración de tácticas para su combate. Trabajo de Grado de Maestría. Turrialba, Costa Rica. 19 – 32 p.

Chaviedo, L. 2016. Evaluación del control químico de dos accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link con la mezcla de los herbicidas cyhalofop-butilo + bispiribac-sodio. Trabajo de Grado Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 17 p.

Churión, P.; S. Cuervo; A. Ortiz. 2013. Evolución del Porcentaje de Germinación de semillas de malezas en un arrozal del estado Portuguesa-Venezuela. Memorias de XIV Congreso de la Sociedad Venezolana para el Combate de Malezas. Acarigua – Edo. Portuguesa. Venezuela. CD-ROOM.

Conard, S.; R. Radosevich. 1979. Ecological Fitness of *Senecio vulgaris* and *Amaranthus retroflexus* Biotypes Susceptible or Resistant to Atrazine. *Journal of Applied Ecology*. 16: 171 – 177.

Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO). 2016. Estadísticas Agropecuarias. Cereales. 2014. Disponible en: <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>. [Consulta: Octubre, 2016]

Diez, P. 2013. Manejo de malezas problema, modos de acción de herbicidas. Argentina. 7p. Disponible en: <http://www.roundupreadyplus.com.ar/descarga-contenidos-168/documento1-863f7a3f76314138ccd54cc3d8e7a7be>. [Consulta: Noviembre, 2016].

Espinoza, N; Díaz, J. 2005. Situación de la resistencia de malezas a herbicidas en cultivos anuales en Chile. 11p. Disponible en: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2014/03/SITUACION-DE-LA-RESISTENCIA-DE-MALEZAS-A-HERBICIDAS-EN-CULTIVOS-ANUALES-EN-CHILE.pdf> [Consulta: Octubre, 2016].

European and Mediterranean Plant Protection Organization - Plant Protection Thesaurus (EPPO – EPPT). 2011. EPPO CODES and EPPT. EPPO Plant Protection Thesaurus. 1st meeting of the ad hoc Expert Working Group on Electronic Certification Paris. Disponible en: https://www.eppo.int/MEETINGS/2011_meetings/e-certification/02-EPPO_Codes.pdf [Consulta: Abril, 2014]

Faccini, D. y Vitta, J. 2007. Efecto de la profundidad de siembra, cobertura de rastrojo y ambiente térmico sobre la germinación y emergencia de *Amaranthus quitensis*. Disponible en:

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2007000100003&lng=es&nrm=iso [Consulta: Diciembre, 2016].

Fernández, A. 2012. Evaluación indirecta del mecanismo de resistencia por degradación metabólica de los herbicidas bispiribac-sodio y cyhalofop-butil en una accesión de *Echinochloa colona* (L.) Link. Trabajo de Grado Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 54 p.

Fischer, A; Valverde, B. 2010. Resistencia a herbicidas en malezas asociadas al arroz. En: Producción eco-eficiente del arroz en América Latina Ed. B. Degiovanni; V. Degiovanni; C. Martínez; O. Motta. 2010. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. 447-487p. [en línea]. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf

Forcella, F. 1998. Real-time assesment of seed dormancy and seedling growth for weed management. *Seed Science Reserach* 8:201–209.

Forcella. F; A. Benech; R. Sánchez; C. Ghera. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crop Research* 67:123–139.

Forcella, F., T. Wester; J. Cardina. 2004. Protocolos, para la determinación de bancos de semilla de malezas en los agroecosistemas. Manejo de maleza para países en desarrollo. 120. Addendum 1. FAO. Roma, Italia. 3 - 21 p.

Franco, J. 2013. Caracterización morfológica y fenológica de biotipos de *Phalaris minor* Retz. Resistentes y susceptible a herbicidas inhibidores de la ACCasa. Trabajo de Grado de Maestría. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. Postrado Botánica. Montecillo. Texcoco. México. 90 p.

Fuentes, C; A. Osorio; J. Granados; W. Piedrahúa. 2006. Flora Arvense Asociada con el Cultivo del Arroz en el departamento del Tolima-Colombia. Disponible en:

<http://books.google.co.ve/books?id=UeDoYvJf40QC&printsec=frontcover&dq=echinochloa+colona+cilia+fuentes&hl=es&sa=X&ei=jUhAU87SGIzjsATWz4KwDw&ved=0CDMQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false> [Consultado: Noviembre, 2013].

Fumero, F. 2012. Efecto del herbicida propanil (480g i.a. L) en control con las accesiones de *Echinochloa colona* (L) Link., provenientes de los arrozales venezolanos. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 25 p.

García, J; B. Gómez. 2006. Efecto de la profundidad y manejo de la lámina de agua en la emergencia y crecimiento de *Echinochloa crus-galli*. Disponible en: <http://infociencia.idict.cu/infociencia/article/view/344/310> [Consultado en: Enero, 2014].

Godoy, G.; J. Vega; A. Petty. 1995. El tipo de labranza afecta la flora y la distribución vertical del banco de semilla de maleza. *Ceiba* 36(2): 217-229.

Gómez, C. 2016. Evaluación de algunas características morfofisiológicas y viabilidad de semillas de dos accesiones de paja americana. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 29 - 36 p.

González, F. 1983. Biología de la maleza *Echinochloa colona* L. Resúmenes de los trabajos presentados en el 15º Seminario anual Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal. Bogotá (Colombia). 28 p.

González, J. 2010. Estimación parámetros en demografía de maleza. *Revista El Malezólogo*. Edición Especial, Curso de actualización en metodologías de investigación y el desarrollo tecnológico en el manejo de malezas. 5 – 6 p.

Grundy, A. 2003. Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Research* 43:1–11.

Guerrero, M. 2010. Evaluación de un modelo predictivo sobre la emergencia de tres poblaciones de arroz maleza. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 30 p.

Gummerson. R. 1986. The effect of constant temperature and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *Journal of Experimental Botany* 37:729–741.

Holm, L.; D. Plucknett; J. Pancho; J. Herberger. 1977. *The World's Worst Weeds. Distribution and biology.* East-West Center, University Press of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 32-46 pp.

Holm, L.; D. Plunknett, J. Pancho; J. Herberger. 1991. *The world's worst weeds. Distribution and biology.* Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 609 pp.

International Seed Testing Association (ISTA). 1993. *International Rules for Seed Testing.* Seed Science and Technology. 21 p.

IRRI. 2009. *Echinochloa colona.* Disponible en: <http://www.knowledgebank.irri.org/ipm/the-dirty-dozen/echinochloa-colona-link.html#synonyms> [Consultado: Noviembre, 2013].

Izquierdo, J; González, J; Bastida, F; Lezaún, J y Sánchez, M. 2009. A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver rhoeas*) emergence in cereal fields. *Weed Science*, 57: 660-664.

Izquierdo J; Bastida F; Lezaún J; Sánchez M y González, J. 2013. Development and evaluation of a model for predicting *Lolium rigidum* emergence in winter cereal crops in the Mediterranean area. *Weed Research* 51: 304-309.

King, C y Lawrence, O. 1994. A model for predicting large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) emergence as influenced by temperature and water potencial. *Weed Science* 42:561 – 567.

Leguizamón, E; C. Fernández-Quintanilla; J. Barroso; J. González-Andújar. 2005. Using thermal and hydrothermal time to model seedling emergence of *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* in Spain. *Weed Research* 45:149-156.

Leguizamón, E; R. Lovato. 2014. Manejo de malezas problema. Vol IV: *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. y otras gramíneas anuales Edi. REM – AAPRESID.

López A. 2010. Evaluación de la resistencia de algunas poblaciones de *Echinochloa colona* (L) Link, al herbicida cyhalofop butil, recolectadas en arrozales de Venezuela. Ingeniero Agrónomo. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Agronomía. Maracay. Aragua. 45 p.

Lotz, L.; R. Groeneveld; B. Habekotte; H. Van-Oene. 1991. Reduction of growth and reproduction of *Cyperus esculentus* by specific crops. *Weed Research* 31: 153-160.

Lubigan, R.T. and Moody, K. 1990. *Ischaemum rugosum*- some aspects of growth, competitiveness, and control. 8 p. IRRI Saturday Seminar, 27 January. International Research Rice International. Philippines. 29 p.

Martinson, K.; B. Durgan; F. Forcella; J. Wiersma; K. Spokas; D. Archer. 2007. An emergence model for wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science* 55:584-591.

Mortimer A. 1996. CLASIFICACIÓN Y ECOLOGÍA DE LAS MALEZAS. Manejo de malezas para países en desarrollo, Cap. 2. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Versión 120. 27 p.

Ortega, Y; R. Agüero. 2005. Efecto de la cobertura de rastrojos en la germinación del arroz (*Oryza sativa* L.) y principales malezas asociadas. *Agronomía Mesoamericana*. Costa Rica. 16 (1):51-6.

Ortiz, A.; M. Pacheco; V. Pérez; R. Ramos; E. Seijas. 2000. Identificación de biotipos de *Echinochloa colona* (L.) Link. Potencialmente resistentes al propanil en Venezuela. *Rev. COMALFI (Colombia)* 26:21–27.

Ortiz, A.; L. González. 2001 Estudio preliminar del banco de semillas de malezas del suelo de algunas zonas arroceras de calabozo, Guárico. *Revista Agronomía Tropical* 51 (4): 501 – 517.

Ortiz, A. 2004. Ecología y manejo del arroz rojo: en Curso de actualización en manejo integrado de malezas en arroz. 9 y 10 de Noviembre. UCV-FAO. Maracay - Estado Aragua, Venezuela.

Ortiz, A., L. López; M. Cásares; H. Moratinos H. 2009. Evaluación del banco de semilla de arroz maleza y voluntario en el suelo. *Revista Agronomía Tropical* 59(4): 423-432.

Ortiz, A. 2010. Evaluación de métodos de control de arroz rojo en el cultivo del arroz en Venezuela. Tesis Doctoral. Doctorado en Ciencias Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 92 p.

Ortiz, A.; J. P. Moreno; R. Matheus, L. López-Méndez; S. Torres; C. Zambrano; A. J. Fischer. 2015a. Estado actual de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida profoxidim en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía* 32(1):21-40.

Open Source for Weed Assessment in Lowland Paddy Fields (OSWALD). 2005. Botany Biology Phenology Ecology Distribution Agricultural importance Cultural control Biological control Chemical control. http://www.oswaldasia.org/species/e/echco/echco_en.html

Page, E.; R. Gallagher; A. Kermanian; H. Zhang; E. Fuerst. 2006. Modeling site-specific wild oat (*Avena fatua*) emergence across a variable landscape. *Weed Science* 54:838-846.

Papa, B.; J. Caicedo; L. Montana; A. Ortiz; S. Torres. 2013. Evaluación de un banco de semillas de malezas en un arrozal en barbecho del municipio Páez – Portuguesa –Venezuela. Memorias de XIV Congreso de la Sociedad Venezolana para el Combate de Malezas. Acarigua – Edo. Portuguesa. Venezuela. CD-ROOM.

Pedrerros, A. 2003. Antecedentes de la maleza más importante en arroz el hualcacho (*Echinochloa* spp.). disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR30243.pdf> [Consultado: Enero, 2016].

Peraza, J. 2013. Evaluación del control con el herbicida fenoxaprop-p-etil de algunas accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link., provenientes de arrozales de Venezuela. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Agronomía. Maracay. Aragua. 42p.

Pérez, D; C. Zambrano; J. Lazo. 2009. Evaluación de la posible resistencia metabólica de poblaciones de "*Echinochloa colona*" (L.) Link a los herbicidas Cyhalofop-Butyl, Clefoxidym, Fenoxaprop P-etil y Bispiribac sodio. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 92 p.

Pérez, P. 2011. Banco de semillas de malezas del suelo en una finca arrocera del sistema de riego río Guárico. Trabajo de Grado Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 41 p.

Picapietra, G.; H. Acciaresi. 2105. Uso del tiempo térmico para predecir la emergencia de capín (*Echinochloa colona* L. Link) bajo sistema de labranza cero. Memorias de XXII Congreso Latinoamericano de Malezas. I Congreso Argentino de Malezas. Buenos Aires.

Roberts, E. 1988. Temperature and seed germination. Society for Experimental Biology, 42:109–132.

Rodríguez, G. 2010. Evaluación y validación de un modelo de simulación para estimar la emergencia de dos poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb. Trabajo de Grado Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Aragua. 44 p.

Royo-Esnal, A; J. Torra; J. Conesa; F. Forcella; J. Recasens. 2010. Modeling the emergence of three arable bedstraw (*Galium*) species. Weed Science, 58:10-15.

Schutte, B; Regnier, E; Harrison, K; Schmoll, J; Spokas, K Forcella, F. 2008. A hydrothermal seedling emergence model for giant ragweed (*Ambrosia trifida*). Weed Science, 56:555-560.

Servicio de Programación y Optimización del Uso de Agua de Riego (SEPOR). 2010. Importancia del uso de registros agroclimáticos grados días. Cartillas divulgativas. Disponible en: [http://sepor.cl/informacion_cartillas/S203 Castilla Registros agroclimaticos grad dia.pdf](http://sepor.cl/informacion_cartillas/S203_Castilla_Registros_agroclimaticos_grad_dia.pdf) [Consulta: Enero, 2017].

Smith, R. J. Jr. 1974. Competition of barnyardgrass with rice cultivars. Weed Science 22:423-426.

Sober, E. 1984b. The nature of selection. Evolutionary theory in philosophical focus. M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts.

Sosnoskie, L.; C. Herms; J. Cardina. 2006. Weed seedbank community composition in a 35-year-old tillage and rotation experiment. Weed Science 54: 263-273.

Swanton, C.; B. Booth; K. Chandler; D. Clements; A. Shrestha. 2006. Management in a modified no-tillage corn-soybean-wheat rotation influence weeds population and community dynamics. Weed Science, 54: 47-58.

Taccarelli, A. 2011. Evaluación de la resistencia de algunas poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb al herbicida Imazapir + Imazetapir recolectadas en arrozales de Venezuela. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad central de Venezuela. 41 p.

Valverde, B. 2000. Prevención y Manejo de Malezas Resistentes a Herbicidas en Arroz: Experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. 135 p.

Vega-Jarquín, C; R. Munguía; R. Salgado; M. Fornos; C. Mendoza. 2010. Viabilidad, Condiciones requeridas para la germinación y Métodos de interrupción de dormancia en semillas de *Echinochloa colona* (L.) Link. La Calera. 10 (15): 36-45.

Vleeshouwers, L.; M. Kropff. 2000. Modelling field emergence patterns in arable weeds. *New Phytologist*, 148(3): 445-457.

Weining, C. 2005. Rapid evolutionary responses to selection in heterogeneous environments among agricultural and nonagricultural weeds. *International Journal of Plant Sciences* 166: 641-647.

Zambrano, C. 2013. Demografía y dinámica poblacional de *Conyza bonariensis* (L.) Cronq. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. España. 38 -50 p.

Zambrano C; F. Bastidas; J. Andujar. 2013. A hydrothermal seedling emergence model for (*Conyza bonariensis*). *Weed Research* 53: 213 -220.

Zambrano, C.; A. Medina. 2006. Evaluación de la resistencia de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link provenientes de diferentes localidades del Estado Portuguesa al herbicida bispiribac sodio. *Anales de Botánica Agrícola*. 13:29-35.

Zhang, H.; Y. Tian; D. Zhou. 2015. A Modified Thermal Time Model Quantifying Germination Response to Temperature for C3 and C4 Species in Temperate Grassland. *Agriculture* 5: 412-426.



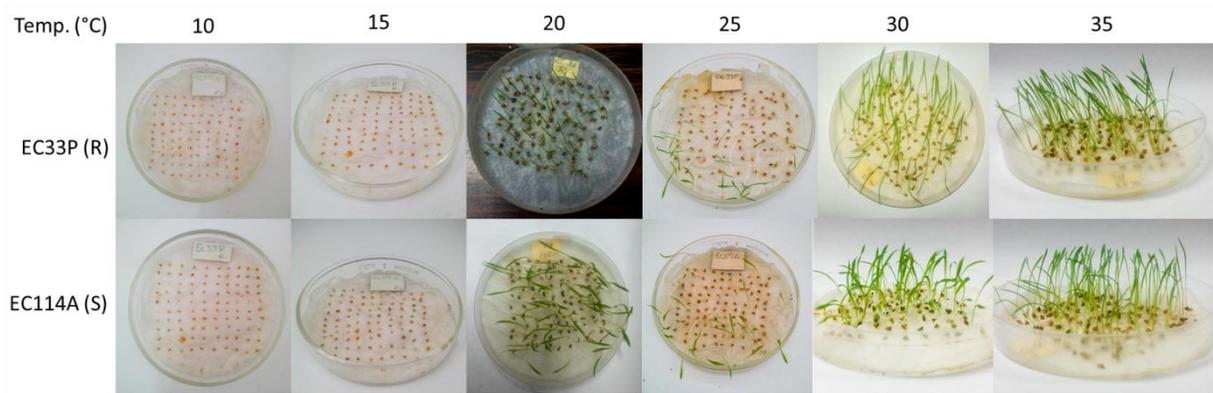
Anexo 4. Vista detalla de las microparcels en el lote.



Anexo 5. Muestreo de banco de semilla en el lote de la finca Soledad de Armo, Estado Portuguesa.



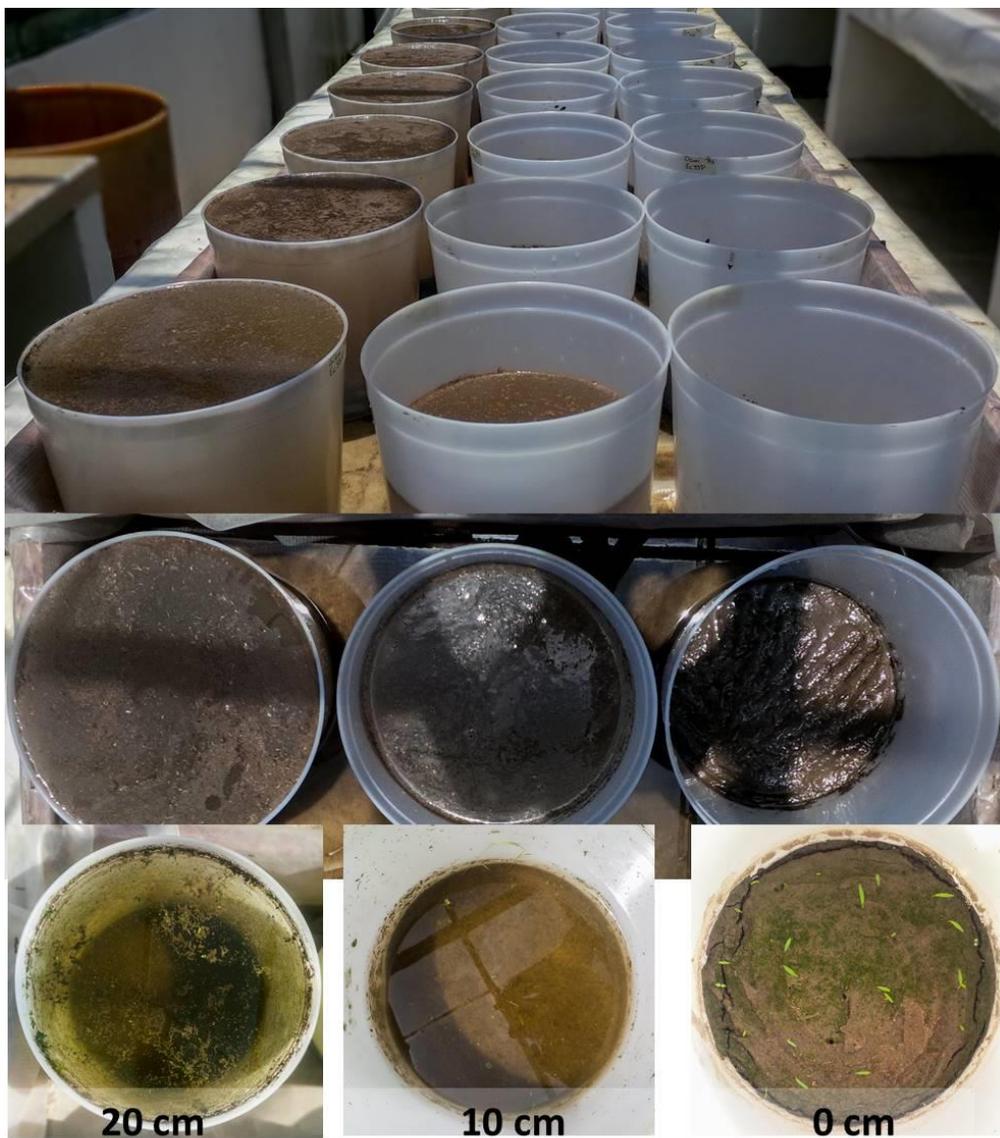
Anexo 6. Plántulas de malezas, encontradas en el banco activo del suelo, a la profundidad de 0-10 cm, en un lote de 2,10 ha, de la finca "Soledad de Armo", ubicada en el municipio Páez, en la localidad de Durigua Vieja, Potrero de Armo, Estado Portuguesa.



Anexo 7. Temperatura optima de germinación para semillas de EC33P (R) y EC114A (S).



Anexo 8. Emergencia de plántulas de EC33P (R) y EC114A (S) evaluadas a los 7, 14 y 21 días posteriores a la siembra de las semillas a diferentes profundidades.



Anexo 9. Emergencia de plántulas de EC33P (R) y EC114A (S) sometidas a diferentes niveles de lámina de agua.