

Capítulo a publicarse en el libro Malezas e Invasoras de la Argentina. Tomo III. Editores: O.A. Fernández; E.S. Leguizamón y H.A. Acciaresi. Editorial: EdiUNS, Buenos Aires, Argentina (en prensa).

Título: Características biológicas y germinativas de *Ludwigia bonariensis* (Micheli) Hara (Onagraceae), una maleza importante en el cultivo del arroz

Tarragó, Jose Ramón¹; Dolce Natalia²; Gonzales Mercedes³; Leguizamón, Eduardo Sixto⁴

¹ Profesor Titular de Terapéutica Vegetal Facultad de Ciencias Agrarias UNNE E-mail: jrtarrago@agr.unne.edu.ar

² Instituto de Botánica del Nordeste CONICET- Facultad de Ciencias Agrarias UNNE

³ Docente Escuela de Jardinería del Chaco

⁴ Profesor de la Catedra de Malezas UNR. Investigador del CONICET (Retirado)

Resumen

Ludwigia bonariensis (Micheli) Hara (Onagraceae) es una especie nativa de Sudamérica que crece en terrenos inundados, por lo que se la puede encontrar creciendo asociada al cultivo del arroz u otros cultivos e invadiendo cuerpos de agua. Es una especie alógama, produciendo 1.279 ± 251 semillas por cápsula. La germinación de las semillas es usualmente muy alta y se produce únicamente en condiciones de luz (fotoblastismo positivo), sin presentar disminución en su poder germinativo al menos al cabo de un año de almacenamiento a temperatura ambiente. Otra forma de propagación de esta especie es la vía asexual, por tallos subterráneos, lo que favorece su persistencia y brotación de una temporada a la siguiente. La germinación de las semillas se da en superficie en porcentajes entre 90 ± 3 y 95 ± 6 %, disminuyendo el poder germinativo a valores entre 37 ± 11 y 60 ± 9 % a una profundidad de siembra de 1 mm de suelo y a partir de una profundidad de 5 mm no se registra germinación. La inundación no sería una herramienta válida para el manejo de esta maleza ya que láminas de agua de 1 a 4 cm no afectan significativamente la germinación; sólo la presencia de una lámina de agua de 8 cm disminuye el poder germinativo de las semillas, aunque de todos modos la germinación se produce en alto porcentaje (~70%). Considerando la estrategia reproductiva de esta especie, los métodos de control mediante labranzas (enterrando las semillas) y/o aplicación de herbicidas hormonales serían efectivos en etapas tempranas del establecimiento, contribuyendo a disminuir las poblaciones de plantas al estado adulto.

Summary

Ludwigia bonariensis (Micheli) Hara (Onagraceae), a South American species, is one of the most important invasive plants in rice field and other crops. It is a cross-pollinating species, producing 1.279 ± 251 seeds per capsule. Seed germination is in the order of 90% and occurs only in light conditions (positively photoblastic), without decreasing germination at least after one year storage (at room temperature). Another way of spreading for this species is asexually by underground stems, which favors its persistence and sprouting from one season to the next. Seed germination ranges between 90 ± 3 and 95 ± 6 % on soil surface, but it markedly decreases to values between 37 ± 11 and 60 ± 9 % when seeds are buried in soil at depths of 1 mm, and there is no seedlings emergency from seeds buried in soil at depths of 5 mm. Shallow flooding would not be a valid tool for managing this weed being as flooding to a depth of 1-4 cm for 14 days does not affect seed germination. Only flooding to a depth of 8 cm significantly reduces seed germination, but anyway germination occurs in high percentage (~70%). Considering the reproductive strategy of this species, seed burial by tillage and/or application of hormonal herbicides would be two important tools for the management of *L. bonariensis* in early stages of establishment, helping to reduce plant populations to adulthood.

Objetivo: El conocimiento de las características biológicas de una especie vegetal que se comporta como malezas permite poder diseñar una estrategia de manejo integrada que minimice el impacto ambiental sobre los agroecosistemas.

Descripción botánica de la especie y área de distribución

El género *Ludwigia* fue establecido por Baillon en 1877, reconociéndose tres secciones 1) *Ludwigia* L. sect. *Jussiaea* (L) Hoch, W.L. Wagner, & P.H. Raven, comb. nov, 2) sect. *Myrtocarpus* (Munz) H. Hara y 3) sect. *Macrocarpon* (Micheli) H. Hara (Hoch *et al* 2015).

Las especies de genero *Ludwigia* (L) correspondiente a la sección *jussiaea* son caracterizadas por hierbas perennes, de tallos rastreros, flotantes o emergentes y ascendente con enraizamiento en los nudos, formando neumatóforos blancos. Las hojas son alternas; clavijas, con una vena submarginal. Las flores 5 (6) meras, con pétalos presentes de color amarillo o blanco y estambres dobles (raramente muchos) y presencia de sépalos. El polen derrama en masas y el fruto es una cápsula a menudo curvada hacia arriba, leñosa, con paredes gruesas, de forma irregular y tardíamente dehiscentes (Figura N°1 y 2). Las semillas se ubican en una fila por lóculo, colgantes, y firmemente arraigadas a un segmento leñoso del endocarpio y con rafe inconspicuo. Los niveles de ploidía van de $2n = 16, 32, 48, 80, 96$ (Hoch, *et al* 2015).

La distribución del género es pantropical con ca. 60 especies de gran variabilidad morfológica, mejor representado en Sudamérica; y 3 secciones con 21 especies en Norteamérica, 2 secciones monotípicas en Asia templada, 7 especies endémicas de África,

1 de Asia tropical y 2 endémicas comunes (<http://www.floraargentina.edu.ar/>). En la Argentina existen 21 especies: *L. caparosa*, *L. decurrens*, *L. elegans*, *L. grandiflora* ssp. *grandiflora*, *L. grandiflora* ssp. *hexapetala*, *L. hassleriana*, *L. hookeri*, *L. irwinii*, *L. lagunae*, *L. leptocarpa*, *L. longifolia*, *L. major*, *L. martii*, *L. neograndiflora*, *L. octovalvis*, *L. peploides* ssp. *peploides*, *L. peploides* ssp. *montevidensis*, *L. peruviana*, *L. pseudonarcissus*, *L. sericea* y *L. bonariensis* (<http://www.floraargentina.edu.ar/>). La distribución de *L. bonariensis* es amplia y comprende en la Argentina las provincias de Buenos Aires, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Salta, Santa Fe y Tucumán, y países vecinos como Paraguay y Uruguay (<http://www.floraargentina.edu.ar/>). Lovato *et al* 2014, han relevado la presencia de dos especies de *Ludwigia* asociadas al cultivo del arroz para la provincia de Corrientes *L. bonariensis* (Micheli) H. Hara y *L. neograndiflora* (Munz) H. Hara. La característica de *L. bonariensis* (Micheli) Hara (Onagraceae), es de una planta herbácea perenne erecta, que puede llegar hasta 1,5 m de altura; florece de agosto a mayo y se propaga por tallos subterráneos y semillas (Lovato Echeverría *et al.*, 2013). Esta especie es nativa del S de Brasil, Uruguay y N de Argentina; muy común en los terrenos inundados del Delta y de la Ribera (Cabrera y Zardini, 1978).

Relevancia de su comportamiento como invasora en el cultivo del arroz y zonas con periodo de encharcamiento

Debido al hábitat en el que crecen las especies del género *Ludwigia* normalmente se la puede encontrar creciendo asociadas al cultivo del arroz y/o en lotes de cultivos como cereales, oleaginosas y otros, en zonas en que el agua permanece durante algún momento del año. En este sentido debido a la magnitud del área que se dedica al arroz en la Argentina la mayor importancia de esta especie en su comportamiento como malezas radica en las interferencias causadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) (Tarragó *et al.*, 2008; Lovato Echeverría *et al.*, 2013).

La presencia de malezas en el cultivo del arroz causa daños directos por competencia y alelopatía, o indirectos por el encarecimiento de los costos de producción, el deterioro de su calidad, la reducción del valor de los campos y, además, por ser hospedantes alternos de diversas plagas (Chauhan y Opeña 2012). A nivel mundial, las plagas del arroz ocasionan pérdidas del orden del 35% de la producción, siendo un 10% las pérdidas ocasionadas por las malezas (Ampong-Nyarko y De Datta, 1991), aunque en zonas productoras de Brasil, se citan pérdidas ocasionadas por malezas que varían de 45 a 95 % (Fischer *et al.*, 1993; Carvalho *et al.*, 1999).

En la provincia de Corrientes se identificaron 422 taxones distribuidos en 52 familias asociados al cultivo del arroz, de los cuales 106 fueron considerados malezas (Ahumada, 1986). En estudios previos realizados en una arrocería del departamento de Berón de

Astrada (Corrientes), se comprobó que *L. bonariensis* es una de las malezas que presenta mayor frecuencia y cobertura (Tarragó *et al.*, 2008).

Ludwigia bonariensis al igual que otras especies de *Ludwigia* se comportan invadiendo cuerpos de agua causando alteraciones en los ecosistemas. Un ejemplo claro de estos es la declaración de invasiva en Inglaterra por la que fue incluida en una lista de plantas invasoras que requieren controles a fin de evitar las alteraciones en estos ecosistemas (Hussner, A. 2012)

Características biológicas

Germinación

La germinación y emergencia de las malezas son influenciadas por muchos factores entre los que se pueden citar la profundidad de las semillas en el perfil del suelo, la humedad del suelo y la luz (Chauhan y Johnson, 2008 a,b). La necesidad de luz para germinar, por ejemplo, es el principal medio por el cual la germinación puede estar restringida a una zona cercana a la superficie del suelo y las especies que requieren luz para la germinación son potencialmente más propensas a ser frecuentes en los sistemas de labranza reducida o mínima.

Si bien existen unos pocos antecedentes bibliográficos referidos al efecto de la luz, la temperatura y el posicionamiento de las semillas en el perfil de suelo sobre la germinación de semillas de algunas especies del género *Ludwigia* (Christy y Sharitz 1980; Chauhan y Johnson 2009); Dicha información sería de gran utilidad para planificar un programa de manejo de las malezas del arroz basado en principios ecológicos.

Por otra parte, las inundaciones durante un período prolongado han sido reconocidas como el principal medio de control cultural de malezas en el cultivo del arroz (Rao *et al.*, 2007). En tal sentido, tanto la fecha, duración y profundidad de inundación son determinantes del éxito de dicha estrategia en la supresión de una especie de maleza por el agua (Cívico y Moody, 1979; Hill *et al.*, 2001). Por lo tanto, el potencial de las inundaciones como un componente de las estrategias de manejo integrado de malezas podría ser mejorado si se conoce la respuesta de las especies de malezas a las inundaciones (Chauhan y Johnson, 2009).

Sistema de polinización y su efecto sobre la producción de semillas

Plantas de *L. bonariensis* de diferentes procedencias recolectadas en el campo y mantenidas en un invernadero fueron utilizadas para hacer distintitos tipos de cruzamientos (Figura 1). Con la finalidad de evaluar el sistema de polinización (autógama o alógama) y su efecto sobre la producción de semillas, se realizaron cruzamientos controlados seleccionando pimpollos próximos a abrirse y se los polinizó con: i) polen proveniente de la misma flor, ii) polen de otra flor de la misma planta y iii) polen de otra planta (polinización

cruzada). Los pimpollos fueron aislados mediante sobres de papel manteca y al cabo de 30 días, se recolectaron los sobres y se evaluaron las cápsulas formadas con cada sistema de polinización, comparando la producción de semillas y el poder germinativo (PG) en cada caso.

El sistema de polinización tiene un efecto decisivo en la producción de semillas de *Ludwigia bonariensis*, lo cual sólo es posible cuando las flores son polinizadas con polen proveniente de otra planta. Cuando la polinización se realizó con polen proveniente de la misma flor o de otra flor de la misma planta, si bien hubo desarrollo de pequeñas cápsulas, las mismas contenían restos de los óvulos sin desarrollarse (Tabla 1; Figura 2).

Tabla 1. Efecto del sistema de polinización sobre la formación de cápsulas, la producción de semillas y su poder germinativo, luego de 14 días de la siembra e incubación en un cuarto climatizado a 27 ± 2 °C con una intensidad lumínica constante de $116 \mu\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ o en oscuridad permanente.

Procedencia del polen	Formación de cápsulas (%)	N° promedio de semillas/cápsula	Germinación (%)*	
			Luz	oscuridad
<i>De la misma flor</i>	100	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$
<i>Otra flor de la misma planta</i>	100	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$
<i>Flor de otra planta</i>	100	$1.279 \pm 251,4$	$80,5 \pm 11,6$	$0,7 \pm 1,1$

*Se representan las medias aritméticas de tres repeticiones de nueve muestras cada una más su desvío estándar.

La producción de semillas por cápsula (obtenidas por polinización cruzada), fue de 1.279 ± 251 , mientras que el porcentaje de germinación de las mismas fue de $80,5 \pm 11,6$ luego de 14 días de la siembra e incubación en condiciones de luz, mientras que sólo $0,7 \pm 0,2$ % germinaron cuando fueron incubadas en oscuridad permanente. El hecho de que la germinación haya sido casi nula cuando los germinadores se incubaron en oscuridad continua sugiere que se trataría de una especie con semillas fotoblásticas positivas.

La condición de producción frutos bien desarrollados conteniendo semillas viables a partir de las flores polinizadas con polen proveniente de flores de otra planta (polinización cruzada), indica que *L. bonariensis* es una especie 100% alógama. En todas las malezas existe un nivel de alogamia, lo cual permite el intercambio de material genético con otras poblaciones; y la misma es producida generalmente por el viento o visitantes generalistas de la flor más que por polinizadores específicos (<http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=158>).

La elevada producción de semillas con un alto porcentaje de viabilidad ayudaría a esta especie en asegurar su dispersión y establecimiento obedeciendo a una típica estrategia de

tipo r, presentando un potencial biótico elevado con tasas de natalidad y de mortalidad muy altas, lo cual produce grandes fluctuaciones en sus poblaciones, asegurando la persistencia.

Propagación asexual

Otra forma de propagación es vía asexual por tallos subterráneos, lo que favorece su persistencia y brotación de una temporada a la siguiente posibilitando plantas de gran tamaño que producirán un mayor número de floraciones en el año (CIAT, 1983). La división de las estructuras vegetativas puede ocurrir espontáneamente debido a la muerte de los tejidos de conexión, a la muerte de la planta madre o a una labranza: sin ninguna duda este último evento es el más eficiente para dispersar los propágulos de la maleza. Luego de la separación, las plantas que resultan de cada propágulo vegetativo son clones de la planta madre lográndose así una propagación horizontal del genotipo (<http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=158>).

En las poblaciones de *L. bonariensis*, como así también en otras malezas la ventajas de la gran producción de semillas junto a la alogamia radicarían en la elevada producción de nuevas combinaciones genéticas y, en consecuencia, una mayor probabilidad de sobrevivir a cambios en el entorno (Holt, 1988). Asimismo, un alto grado de heterocigosis, producto de la polinización cruzada, contribuiría al aumento de la probabilidad de aparición de biotipos resistentes a herbicidas y, de este modo, complicaría la mitigación de resistencia basada únicamente en cambiar o mezclar sustancias con distinto modo de acción (Fischer, 2008).

Efecto de la longevidad de las semillas y el régimen de luz en la germinación.

La longevidad de las semillas se estudió a partir de cápsulas maduras provenientes de plantas que crecían en condiciones de campo de las cuales se separó las semillas de restos del fruto y se las colocó en un recipiente oscuro con cierre hermético, donde fueron mantenidas a temperatura ambiente hasta el final del experimento. Estas semillas se utilizaron como stock de trabajo para estudiar el efecto de la longevidad de las semillas en la germinación, realizándose ensayos de germinación con una frecuencia de 20-30 días desde la fecha de recolección de las cápsulas hasta un año de almacenamiento.

Estos resultados confirman la condición fotoblástica positiva de las semillas de *L. bonariensis* (Figura 3), la cual no se pierde ni se altera al menos al cabo de un año de la recolección de las semillas y su almacenamiento a temperatura ambiente en un recipiente oscuro cerrado. Por otra parte, se observó que, cuando los germinadores fueron incubados en condiciones de luz, las semillas presentaron un poder germinativo elevado a lo largo del año de evaluación con algunas variaciones no asociadas al envejecimiento sino más a la propia variabilidad de la muestra. En este sentido la mayoría de las malezas exitosas poseen prolongada viabilidad y pronunciada dormición, permitiendo su supervivencia en condiciones inadecuadas para el crecimiento de las plantas y la persistencia por largos

periodos en el suelo (Leguizamón, 1983). Si bien el hecho de tener una menor viabilidad durante los primeros muestreo en el ensayo de envejecimiento el porcentaje de viabilidad luego aumenta y se mantiene alto por el año en que duro el ensayo nos haría pensar que podría estar actuando algún efecto de dormición y claramente la estrategia que utiliza esta especie es la de producción una gran población inicial para que alguna de las mismas lleguen a dar nuevas semillas.

Necesidad de luz para la germinación

El efecto del régimen de luz sobre la germinación de las semillas y posibles cambios en sus requerimientos germinativos fue estudiado en el mismo set de semillas del experimento de envejecimiento. La incubación se realizó en un cuarto climatizado a una temperatura de 27 ± 2 °C, con una intensidad lumínica constante de $116 \mu\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ PPFD o en oscuridad permanente. Al cabo de 14 días de la siembra de las semillas, los germinadores mantenidos en oscuridad permanente fueron puestos en condiciones de luz. El poder germinativo fue evaluado luego de 7 y 14 días de realizada la siembra (en los tratamientos de luz y oscuridad continua) o luego de 7 días en los germinadores de oscuridad que pasaron durante estos 7 días a condiciones de luz (en el tratamiento de oscuridad + luz). Por otra parte, se comprobó la condición fotoblástica positiva de las semillas de *L. bonariensis*, dado que se obtuvieron porcentajes de germinación cercanos a 80-90% cuando las semillas fueron incubadas en condiciones de luz, mientras que la germinación fue casi nula cuando los germinadores fueron incubados en oscuridad permanente y ésta condición no se modificó aun luego de un año de la cosecha de las semillas.

Efecto del posicionamiento de las semillas en el perfil de suelo.

El efecto del posicionamiento de la semillas en el perfil del suelo se evaluó con semillas nuevas (de cápsulas recién abiertas) y semillas envejecidas (con seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente en un recipiente oscuro cerrado herméticamente), a fin de determinar posibles cambios en sus requerimientos germinativos a medida que las semillas envejecen. Para el armado de los germinadores se utilizaron cajas de Petri de 10 cm de diámetro en las que se colocó un disco de papel de filtro embebido con agua, se sembraron 100 semillas y a continuación se las cubrió con una capa de suelo (previamente tamizado) de 1, 5 o 10 mm de espesor y se humedeció con agua. Asimismo, se realizaron germinadores con una capa de 5 mm de suelo humedecido con agua y la siembra se realizó en la superficie. Las cajas fueron incubadas en condiciones de luz (intensidad lumínica constante de $116 \mu\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ PPFD) y temperatura de 27 ± 2 °C. El PG fue evaluado luego de 7 y 14 días de realizada la siembra.

La profundidad de siembra influyó significativamente en el poder germinativo de las semillas (Tabla 3). Cuando la siembra se realizó en superficie, se obtuvieron porcentajes de

germinación de alrededor de 90% luego de 14 días de la siembra, tanto con semillas nuevas como con semillas envejecidas. Con una profundidad de siembra de 1 mm, el porcentaje de emergencia de plántulas disminuyó a valores entre 37,3% (semillas nuevas) y 59,7% (semillas envejecidas) y a partir de una profundidad de 5 mm no hubo emergencia de plántulas (Figura 4).

La emergencia de plántulas de *L. bonariensis* fue mayor a partir de semillas sembradas en la superficie del suelo, lo cual es consistente con el requerimiento de luz para la germinación de las semillas de esta especie. Poca luz (<1%) es transmitida a profundidades de suelo mayores a 2 mm (Wolley y Stoller, 1978), por lo que una limitada penetración de luz puede ser una razón importante para la no emergencia a partir de semillas sembradas a más de 1 mm de profundidad. Una característica común a la mayoría de las semillas de malezas es que germinan cerca de la superficie del suelo, siendo esta una adaptación que asegura la disponibilidad de recursos y reduce la probabilidad de competencia con las especies de germinación y establecimiento más tardío.

Tabla 3. Efecto de la profundidad de siembra sobre la germinación de semillas nuevas (provenientes de cápsulas recién abiertas) y envejecidas (con 6 meses de almacenamiento) luego de 7 y 14 días de la siembra e incubación en un cuarto climatizado a 27 ± 2 °C con una intensidad lumínica constante de $116 \mu\text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPFD.

Profundidad de siembra	PG semillas nuevas		PG semillas envejecidas	
	7 días	14 días	7 días	14 días
0 mm	74,6 ± 3,5 ^a	90,3 ± 3,5 ^a	94,0 ± 7,2 ^a	94,6 ± 6,1 ^a
1 mm	34,0 ± 8,0 ^b	37,3 ± 10,6 ^b	52,7 ± 14,5 ^b	59,7 ± 9,1 ^b
5 mm	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c
10 mm	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c	0,0 ± 0,0 ^c

*Se representan las medias aritméticas de tres repeticiones más su desvío estándar. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas de acuerdo con el Test de Comparaciones Múltiples de Tukey ($P < 0,05$).

Efecto del espesor de la lámina de agua.

El efecto del espesor de la lámina de agua en la germinación de *L. bonariensis* se evaluó con semillas nuevas (de cápsulas recién abiertas) y semillas envejecidas, a fin de determinar posibles cambios en sus requerimientos germinativos. Los ensayos de germinación se realizaron en frascos de vidrio transparente de 380 cm^3 en los que se colocó una capa de 1 cm de tierra previamente tamizada, a continuación se cubrió con una película de agua de 0, 1, 2, 4 u 8 cm de espesor y finalmente se sembraron 100 semillas en cada frasco, bajo condiciones controladas de luz y temperatura. El PG fue evaluado luego de 7 y 14 días de realizada la siembra.

El poder germinativo de las semillas sembradas en la superficie del suelo saturado de agua fue de 90,3% (semillas nuevas) y 81,0% (semillas envejecidas), luego de 14 días de la siembra. En semillas nuevas, la presencia de una lámina de agua de 1, 2 y 4 cm no afectó significativamente la germinación, observándose diferencias significativas respecto a la germinación en la superficie del suelo saturado de agua, sólo con una lámina de agua de 8 cm. En semillas envejecidas, no se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de germinación con distintos niveles de agua (Tabla 4).

Respecto a la utilización del agua como una estrategia para el manejo de malezas, se recomienda que la lámina de agua sea de al menos 5 cm de profundidad para que pueda inhibir, al crear en las parcelas un ambiente anaeróbico, la emergencia y el desarrollo de las malezas (Fischer, 1997). Sin embargo, este método no sería útil para el control de *L. bonariensis* debido a que una lámina de agua de hasta 8 cm no fue efectiva para controlar la germinación de semillas de *L. bonariensis*. Este hecho contrasta con lo observado en *L. hyssopifolia*, la cual fue eficientemente controlada con una lámina de agua de 2 cm (Chauhan y Johnson, 2009). Si bien la inundación inhibe la germinación y el crecimiento de las plántulas de numerosas especies de malezas, la naturaleza de la respuesta varía entre especies. Por ejemplo, malezas como *Leptochloa chinensis* (L.) Nees. y *Echinochloa crus-galli* pueden ser controladas mediante inundación (Chauhan y Johnson, 2008b; Smith y Fox, 1973). Por su parte, especies tales como *Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Kunth y *Sphenoclea zeylanica* Gaertn están bien adaptadas a tales condiciones y germinan eficientemente (Kent y Jhonson, 2001; Pons, 1982). Por lo tanto, al considerar el uso de las inundaciones como un componente de la estrategia de manejo integrado de malezas debe conocerse la respuesta de las especies de malezas a las inundaciones. Asimismo, debe tenerse en cuenta que las semillas de malezas bien adaptadas a germinar en los sistemas de riego por inundación utilizados en el cultivo de arroz, al caer sobre la lámina de agua, flotan y tienden a dispersarse con el agua de riego, invadiendo nuevas áreas (Sabattini et al., 2000).

Tabla 4. Efecto del espesor de la lámina de agua sobre la germinación de semillas nuevas (provenientes de cápsulas recién abiertas) y envejecidas (con 6 meses de almacenamiento) luego de 7 y 14 días de la siembra e incubación en un cuarto climatizado a $27 \pm 2^{\circ}$ C con una intensidad lumínica constante de $116 \mu\text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPFD.

Lámina de agua	PG semillas nuevas*		PG semillas viejas*	
	7 días	14 días	7 días	14 días
0 cm	74,7 ± 3,5 ^a	90,3 ± 3,5 ^a	80,3 ± 5,8 ^a	81,0 ± 6,2 ^{ab}
1 cm	74,7 ± 1,5 ^a	81,7 ± 2,0 ^{ab}	82,3 ± 1,8 ^a	83,0 ± 1,5 ^a
2 cm	70,7 ± 3,0 ^{ab}	73,6 ± 2,0 ^{ab}	69,3 ± 12,0 ^{ab}	73,3 ± 8,1 ^{ab}

<i>4 cm</i>	$66,3 \pm 10,1^b$	$77,3 \pm 17,0^{ab}$	$53,0 \pm 2,6^b$	$65,6 \pm 3,3^b$
<i>8 cm</i>	$48,3 \pm 2,5^b$	$67,3 \pm 6,5^b$	$55,6 \pm 8,0^b$	$70,3 \pm 4,5^{ab}$

*Se representan las medias aritméticas de tres repeticiones más su desvío estándar. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas de acuerdo con el Test de Comparaciones Múltiples de Tukey ($P < 0,05$).

Control químico

Debido a las características biológicas de alta producción de semillas, alta viabilidad y capacidad de germinar en variadas condiciones de agua *Ludwigia bonariensis* como así también otras especies del género son malezas de difícil manejo cobrando cada vez mayor presencia en los campos donde se cultiva arroz. El control químico mediante el uso de herbicidas se debe realizar durante la etapa de barbecho en forma conjunta con el laboreo anticipado y hasta el momento del riego de la arrocera. En esta etapa se pueden utilizar herbicidas hormonales como 2,4 D, Picloran o Dicamba en mezclas con Glifosato y con Metsulfuron para las aplicaciones de barbecho. En post-emergencia avanzada del cultivo el uso de herbicida hormonal ya no es posible y la posibilidad de control es mucho más restringida por lo cual la mezcla de Penosulam 3% + Cyhalofop butil 21,4 % en dosis de 1,4 a 1,6 l/ha es una posibilidad de control de plantas que hayan escapado al control de los hormonales (Raj y Syriac 2015). Otra alternativa de control, pero para variedades de arroz IMI resistentes es la mezcla de Imazapic 17,5 % + Imazapir 52,5 % en aplicación de 140 g/ha en pre emergencia o post emergencia temprana.

El manejo de esta especie tendría que ser abordado integrado tácticas y en este sentido el conocimiento de la emergencia de las plántulas en relación con la profundidad del suelo podría contribuir a la utilización de sistemas de labranza para reducir la emergencia de plántulas de malezas y el uso de los herbicidas complementaria los escapes en el control (Chauhan y Johnson, 2009).

Conclusiones

La alogamia, el gran número de semillas producidas por cápsula, el alto poder germinativo de las mismas incluso en presencia de una película de agua de hasta 8 cm y su condición fotoblástica positiva, contribuirían a que *Ludwigia bonariensis* sea una maleza de importancia de los cultivos de arroz y cuerpos de aguas en la región. Considerando el tipo de estrategia que posee esta especie, los métodos de control mediante labranzas o aplicando herbicidas serían efectivos en etapas tempranas de establecimiento contribuyendo a disminuir las poblaciones de plantas al estado adulto. Si bien las inundaciones han sido reconocidas como el principal medio de control cultural de malezas en arroz, el uso de esta estrategia no sería eficiente como medida de control de *L. bonariensis* por su capacidad de germinar con una lámina de agua. Un método de control para esta especie podría basarse en cubrir las semillas de la luz, ya sea mediante labranza (llevando las semillas a un estrato más profundo del suelo) o residuos vegetales, y de este modo impedir la germinación y producir una disminución del número de plántulas emergidas. La práctica de laboreo anticipado produciría la eliminación de plantas adultas y el tapado de las semillas, y luego de alguna lluvia se podría controlar las nuevas emergencias de forma temprana con herbicidas y labranza nuevamente antes de realizar la siembra del arroz.

BIBLIOGRAFIA

- http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/El_arroz_estadisticas.html (Fecha de ingreso 30/05/2013).
- <http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=158> (Fecha de ingreso 26/11/2013).
- Ahumada, O. 1986. Malezas del cultivo del arroz en la provincia de Corrientes. Gaceta Agronómica, vol. VI, Nº 33.
- Ampong-Nyrako, K. y De Datta, S.K. 1991. A handbook for weed control in rice. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Filipinas.
- Andrade, F.H. 2011. La tecnología y la producción agrícola. El pasado y los actuales desafíos. INTA Balcarce - Facultad de Ciencias Agrarias UNMP - CONICET. Ediciones INTA.
- Baillon, H.E. 1877. Onagraceae. Historie des plantes 6:305-516.
- Cabrera, A.J. y Zardini, E.M. 1978. Manual de la Flora de los alrededores de Buenos Aires. Acme S.A.C.I., Buenos Aires. pp. 450-451.
- Carvalho, F.T.; Pupim, J.R. y Cavazzan M.A. 1999. Eficiência de herbicidas no controle pré-emergente de plantas daninhas na cultura do arroz. Controle químico de plantas daninhas nos cerrados. Ata e Anais. XII Reunião de pesquisadores em controle de plantas daninhas nos cerrados. pp. 75-79.
- Chauhan, B.S. y Johnson, D.E. 2008a. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of eclipta (*Eclipta prostrata*) in a tropical environment. Weed Science 56: 383-388.
- Chauhan, B.S. y Johnson, D.E. 2008b. Germination ecology of Chinese sprangletop (*Leptochloa chinensis*) in the Philippines. Weed Science 56: 820-825.
- Chauhan, B.S. y Johnson, D.E. 2009. *Ludwigia hyssopifolia* emergence and growth as affected by light, burial depth and water management. Crop Protection 28: 887-890.
- Chauhan, B.S y Opeña, J. 2012. Effect of tillage systems and herbicides on weed emergence, weed growth, and grain yield in dry-seeded rice systems. Field Crops Research 137: 56-69.
- Christy, E.J. y Sharitz, R.R. 1980. Characteristics of three populations of a swamp annual under different temperature regimes. Ecology 61: 454-460.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Principales malezas en el cultivo del arroz en América Latina. Guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: González, J. Producción: Zelaya S., R.; Arregocés. O. Colaboración: Escobar, E. Cali, Colombia. 48 pp.
- Civico, R.S.A. y Moody, K. 1979. The effect of the time and depth of submergence on growth and development of some weed species. Philippines Journal of Weed Science 6: 41-49.
- Fischer, A.J; Ramírez, A. y Saint, L.R. 1993. Yield loss prediction for integrated weed management in direct seeded rice. International Journal of Pest Management 39: 175-180.
- Fischer, A. 1997. Manejo integrado de malezas del arroz. En: Pantoja, A.; Fischer, A.; Correa-Victoria, F.; Sanint, L.R.; Ramírez, A. (Eds.) MIP en arroz: manejo integrado de plagas; artrópodos, enfermedades y malezas. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (Publicación CIAT Nº 292). pp. 31-49.
- Fischer, A. J. 2008. Mecanismos de resistencia: Las bases para definir estrategias. En: Seminario internacional "Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay. Serie de actividades de Difusión 554 INIA. pp. 27-44.

<http://www.floraargentina.edu.ar/> Acceso septiembre del 2016

- Hussner, A. 2012. Alien aquatic plant species in European countries. *Weed Research* (Oxford). 52 4 297-306.
- Hill, J.E., Mortimer, A.M., Namuco, O.S. y Janiya, J.D. 2001. Water and weed management in direct-seeded rice: are we headed in the right direction? En: Peng, S. y Hardy, B. (Eds.), *Rice Research for Food Security and Poverty Alleviation*. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines), pp. 491-510.
- Hoch, P.C., Warren, W.L., Raven, P.H. 2015. The correct name for a section of *Ludwigia* L. (Onagraceae). *PhytoKeys* 50: 31–34.
- Holt, J. 1988. Ecological and physiological characteristics of weeds. En: Altieri, L.A y Liebman, M. (Eds.), *Weed Management in Agroecosystems Ecological Approaches*. Capítulo II. pp. 7-22.
- Kent, R.J. y Jhonson, D.E. 2001. Influence of flood depth and duration on growth of lowland rice weeds, Cote d'Ivoire. *Crop Protection* 20: 691-694.
- Labrada, R.E. 1996. Weed management status in developing countries. En: Brown, H.; Cussans, G.W.; Devine, M.D.; Duke, S.O.; Fernandez-Quintanilla, C.; Helweg, A.; Labrada, R.E.; Landes, M.; Kudsk, P. y Streibig, J.C. (Eds.). *Proceedings of the Second International Weed Control Congress*. Copenhagen, Denmark. pp. 579-589.
- Leguizamón, E.S. 1983. La biología de las semillas de malezas en el suelo. INTA EEA Oliveros. Publicación Miscelánea N° 12: 1-22.
- Lovato Echeverría, R.A.; López, M.G.; Leguizamón, E.S.; Vanni, R.O. 2013. Guía para la identificación de malezas del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la provincia de Corrientes. Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE); UNNE-CONICET; Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA). pp. 7, 114-117.
- Norris, R.F. 2007. Weed fecundity: Current status and future needs. *Crop Protection* 26: 182-188.
- Pantoja, A.; Ramirez, A. y Sanint, L. 1997. Producción de Arroz en América latina: Área sembrada y costos. En: Pantoja A.; Fischer A.; Correa-Victoria F.; Sanint L.R.; Ramírez A. (eds.) *MIP en arroz: manejo integrado de plagas; artrópodos, enfermedades y malezas*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (Publicación CIAT N° 292). pp. 3-5.
- Páez, O; Medina, D.J; Guerra, J.G y Paller, E.C. 1992. Las malezas y su manejo en el cultivo del Arroz en Venezuela. Unidad de aprendizaje N° 3 Serie capacitación en tecnología de producción de Arroz producida por CIAT.
- Pons, T.L. 1982. Factors affecting weed seed germination and seedling growth in lowland rice in Indonesia. *Weed Research* 22: 155-161.
- Raj, S.K.; Syriac, E.K. 2015. Bio-efficacy of penoxsulam+cyhalofop butyl 6% OD, a new pre-mix herbicide mixture for weed control in direct seeded puddled irrigated rice (*Oryza sativa* L.). *Research on Crops*. (16) 406-415
- Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K. y Mortimer, A.M., 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy* 93: 153-255.
- Sabattini, R.; Sione, S.M.; Anglada, M.M.; Lallana, V.H.; Dorsch, A.F.; Elizalde, J.J.; Maidana, A.; Wilson, M.G.; Del Porto, A.; Cencig, G.; Ledesma, S.G.; Pieri, S.M. 2000. Bioecología de los capines (*Echinochloa* spp.) en arrozales bajo diferentes técnicas de manejo en Entre Ríos. Informe Final. PID UNER 2048-2. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. 138 pp.
- Smith, R.J.J. y Fox, W.T. 1973. Soil water and growth of rice and weeds. *Weed Science* 21: 61-63.
- Tarragó, J.R.; García, A.L.; Solis Neffa, V.G.; García, P. y Leguizamón, E.S. 2008. Biología de *Ludwigia bonariensis* (Micheli) Hara una importante maleza del cultivo del arroz.

XIX Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas y de Extensión de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE.

Wolley, J.T. y Stoller, E. 1978. Light penetration and light-induced seed germination in soil. *Plant Physiology* 61: 597-600.

LEYENDAS DE LAS FIGURAS

Figura 1. A) Plantas de *Ludwigia bonariensis* mantenidas en un invernadero en macetas contenidas en baldes con agua. B) Detalle de una flor completa. Las barras representan 10 cm en A, y 1 cm en B.

Figura 2. Cápsulas de *Ludwigia bonariensis* obtenidas por polinización con polen proveniente de la misma flor (A,B) o con polen de otra planta (C,D). En B) se observan los restos de óvulos sin desarrollarse. En D) se observa la abundante producción de semillas. Las barras representan 2 mm.

Figura 3. Semillas de *Ludwigia bonariensis* incubadas en luz (A) y en oscuridad (B) durante 7 días. Detalle de las plántulas obtenidas a partir de semillas incubadas en luz luego de 7 (C) y 14 (D) días de la siembra. Las barras representan 1 cm.

Figura 4. Efecto del posicionamiento de las semillas de *Ludwigia bonariensis* en el perfil del suelo. Germinadores con semillas sembradas en superficie (A) y a una profundidad de 5 mm (B) luego de 14 días de la siembra. C-F) Detalle de las plántulas obtenidas a partir de semillas sembradas en superficie (C,D) y a 1 mm de profundidad (E,F) al cabo de 7 (C,E) y 14 (D,F) días de la siembra. Las barras representan 1 cm.

Figura 5. Efecto del espesor de la lámina de agua en la germinación de semillas de *Ludwigia bonariensis*. Germinación obtenida con una lámina de agua de 8 cm luego de 7 días de la siembra.. Las barras representan 2 cm.

Figura 1



Figura 2

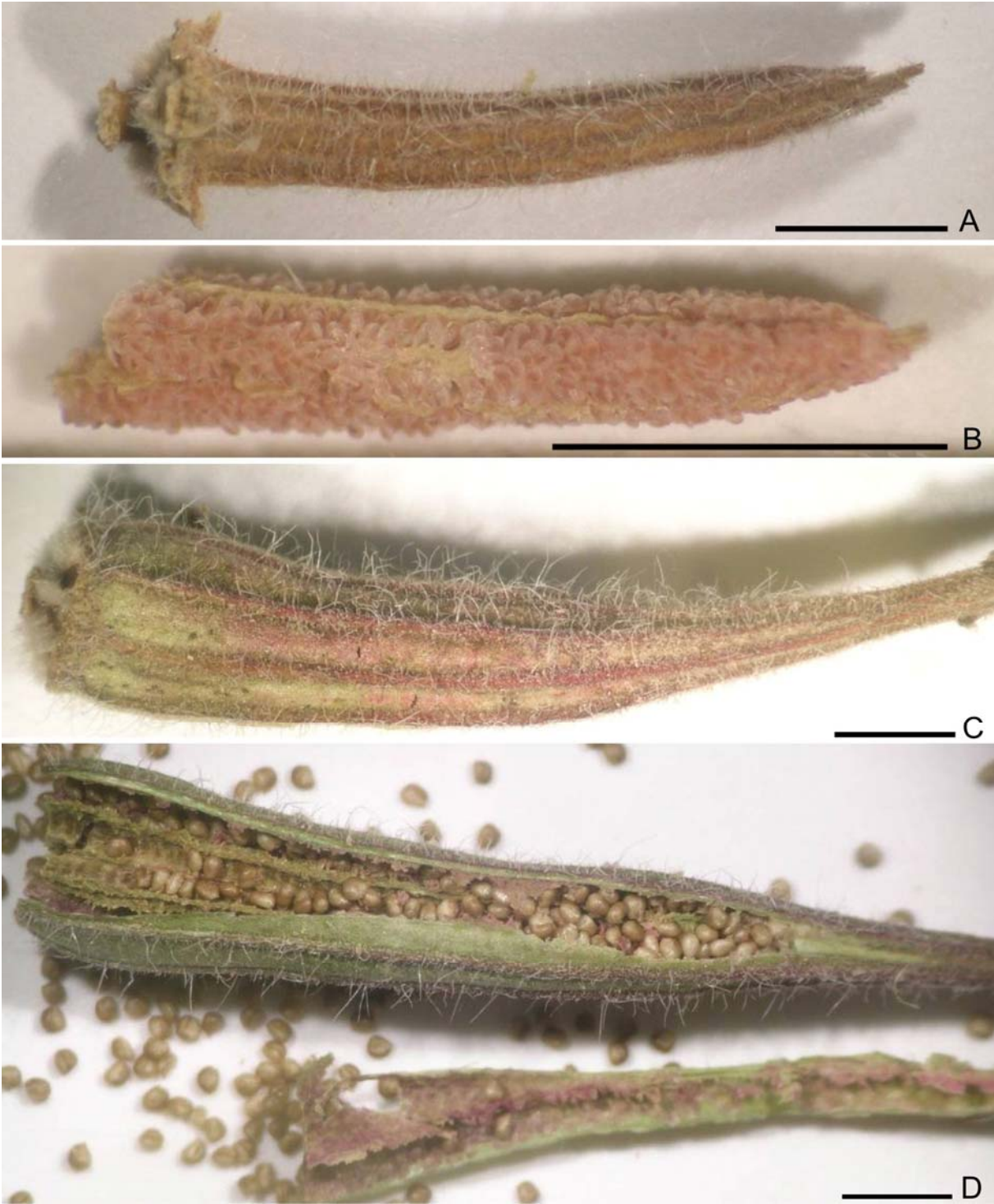


Figura 3

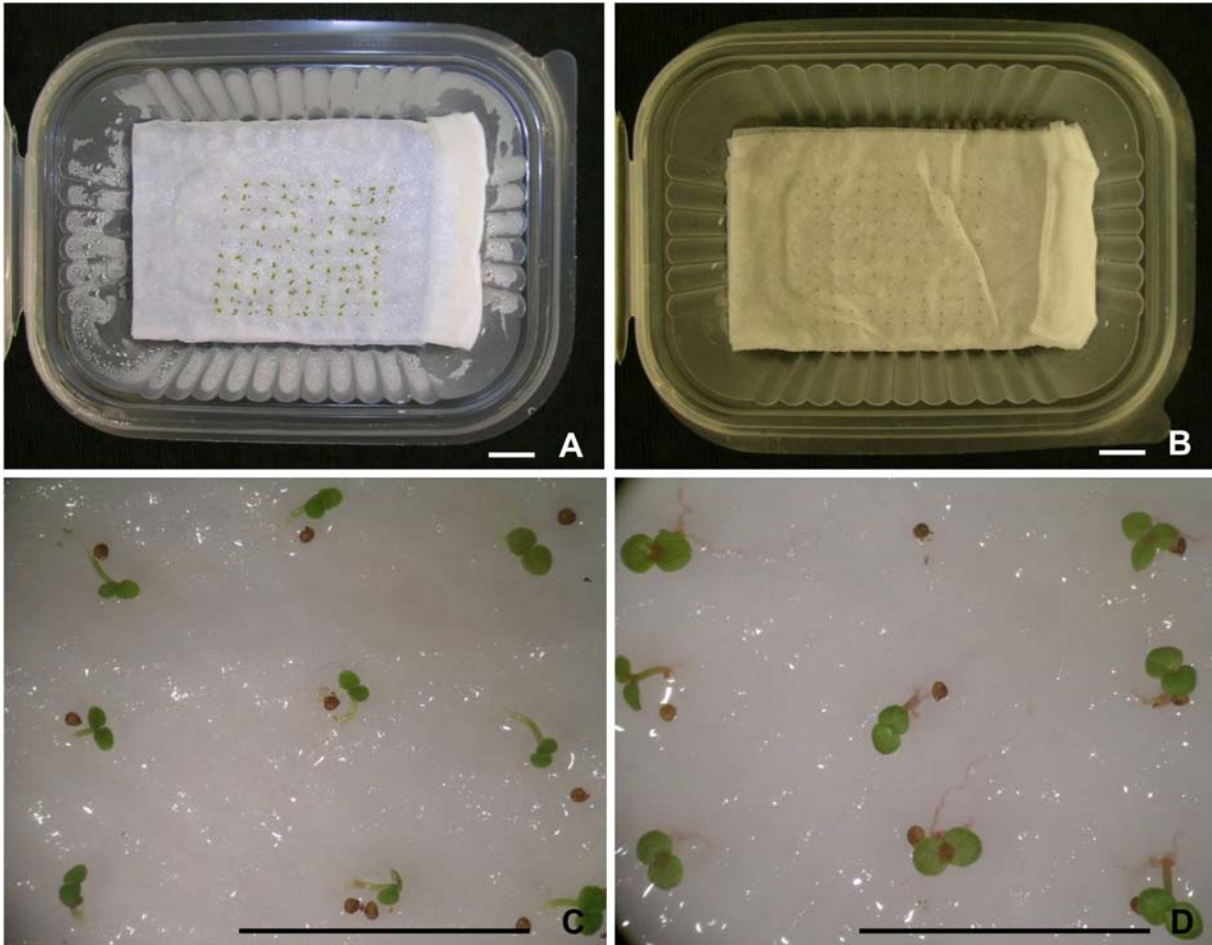


Figura 4

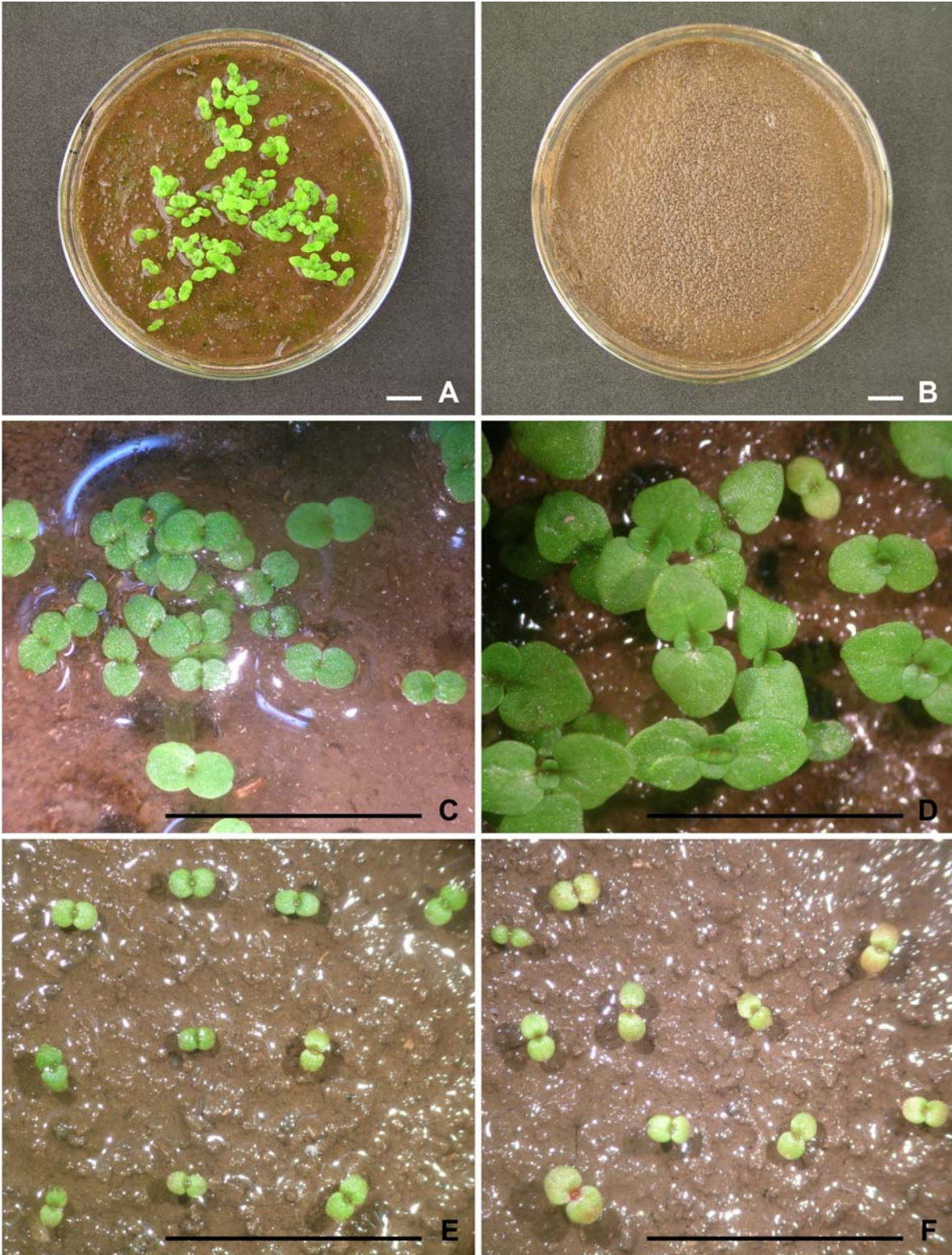


Figura 5

