

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

Evaluación de las condiciones requeridas para la germinación y métodos de interrupción de dormancia en semillas de *Echinochloa colona* (L.) Link, para su posible manejo ecológico.

Autor:

Br. Carlos Fernando Mendoza Jarquín

Asesores:

Dra. Carolina Vega Jarquín
Ing. Msc. Roxana Salgado Torres

Co-asesores:

Ing. Msc. Marvin Fornos Reyes
Ing. Msc. Rodolfo Munguía Hernández

Managua, Nicaragua, Septiembre de 2007

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi familia, mis padres: Fernando Mendoza Castillo y María Danelia Jarquín Duarte, mis hermanos: Kerine Mendoza Jarquín y María Fernanda Mendoza Jarquín. Por acompañarme en este largo camino; ofreciéndome su gran amor e incondicional apoyo, para materializar mis logros y triunfos.

A mis abuelitos: Rolando Jarquín y Teresa Duarte, por los numerosos consejos, para forjar una personalidad llena de valentía y esperanza ante cualquier obstáculo.

A una gran persona que Dios ha puesto a mi lado, Haydee Rodríguez Mejía, que ha sido un gran apoyo en mi vida y un símbolo de esperanza.

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso, quien me brindo la vida y su sabiduría para culminar mis estudios universitarios.

A mis asesores Dra. Carolina Vega Jarquín e Ing. Msc. Roxana Salgado Torres por haber confiado en mí y permitir ser parte de este trabajo de investigación. A mis co-asesores Ing. Msc. Rodolfo Munguía e Ing. Msc Marvin Fornos, por su gran apoyo en la realización del análisis estadístico y conocimientos de semilla para el presente trabajo.

De manera muy especial agradecer al personal del Laboratorio de Hidrología del CIRA – UNAN (Managua) por su apoyo en el ensayo de viabilidad para obtener fotos de las semillas sometidas a esta prueba, y permitir facilitar su estudio.

Al Dr. Bernal E. Valverde por su colaboración en los conocimientos sobre la especie estudiada y documentación proporcionada para reforzar la investigación.

A la Universidad Nacional Agraria, y en especial a la Facultad de Agronomía por haberme acogido en su seno de aprendizaje y formarme como profesional del agro, y así poder contribuir con el desarrollo integral y sostenible del sector agrario en nuestro país

ÍNDICE

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de Contenido.....	iii
Índice de Tabla.....	v
Índice de Figura.....	vi
Índice de Anexos.....	vii
Resumen.....	viii
I.INTRODUCCIÓN.....	1.
II.OBJETIVOS.....	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
1. Ubicación del Estudio	4
2. Material Experimental.....	4
Fase 1. Pruebas Preliminares.....	4
Prueba de Viabilidad	4
Contenido de Humedad.....	5
Prueba de Germinación	6
<i>Descripción de tratamientos.....</i>	7
Prueba de Germinación con semillas precalentadas.....	8
Fase 2. Interrupción de dormancia de semillas de <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.....	9
<i>Descripción del MAL.....</i>	9
<i>Descripción de los tratamientos evaluados en la interrupción de dormancia de semillas de Echinochloa colona (L.) Link.....</i>	10
<i>Variable evaluada</i>	12
<i>Análisis Estadístico</i>	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
Fase1 Pruebas preliminares.....	13
Prueba de Viabilidad	13
Contenido de Humedad.....	14
Prueba de Germinación	15
Prueba de Germinación con semilla sometida a secado	16
Fase 2. Interrupción de dormancia en semillas de <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.....	16
Porcentaje de Germinación.	16

Tasa de Germinación.....	20
V. CONCLUSIONES.....	24
VI. RECOMENDACIONES.....	25
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	26
VII. ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores y niveles de estudio para la prueba de germinación de semillas de <i>E. colona</i> bajo condiciones de laboratorio.....	6
Tabla 2. Factores y niveles de estudio para el desarrollo de la prueba de germinación de semillas de <i>E. colona</i> ,precalentadas, bajo condiciones de laboratorio.....	8
Tabla 3. Factores y niveles de estudio para interrupción de dormancia en semillas de <i>E. colona</i> bajo condiciones de laboratorio.....	10
Tabla 4. Contenido de humedad para cada temperatura de secado (horno) en diferentes tiempos de exposición en condiciones de laboratorio	15
Tabla 5. Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación de la especie <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.....	17
Tabla 6. Separación de medias por Duncan ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de germinación.....	17
Tabla 7. Análisis de Varianza para la variable tasa de germinación de la especie <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.....	21
Tabla 8. Separación de medias por Duncan ($\alpha=0.05$) para la variable tasa de germinación.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de viabilidad en semillas <i>E. colona</i> (L.) Link obtenida a partir de la prueba de viabilidad con TTC.	13
Figura 2. Tinción lograda en semillas de <i>E. colona</i> durante la prueba de viabilidad con TTC.....	13
Figura 3. Comportamiento de la germinación a dos niveles de temperatura.....	18
Figura 4. Comportamiento de la germinación por efecto de los métodos de interrupción de dormancia.....	19
Figura 5. Comportamiento de la tasa de germinación a dos niveles de temperatura.....	22
Figura 6. Comportamiento de la tasa de germinación en cada tratamiento en diferentes momentos de observación.....	22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planta de <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link en un plantío de arroz en la Comarca, Malacatoya, Granada. 2006	30
Anexo 2. Inflorescencia de <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	30
Anexo 3. Morfología de la germinación de las semillas de <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link según Strehl & Muller (1979).	30
Anexo 4. Semillas de <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link vistas desde un estereoscopio	30
Anexo 5. Introducción de platos petri conteniendo las semillas y los diferentes tratamientos evaluados, a una cámara de germinación para las pruebas de germinación.....	31
Anexo 6. Semillas de <i>E. colona</i> (L.) Link sometidas al tratamiento estratificación en las pruebas de germinación.....	31
Anexo 7. Tinción de las semillas de <i>E. colona</i> (L.) Link como resultado de la prueba de viabilidad.....	32
Anexo 8. Tipo de nutrientes y proporción, contenido en el sustrato a base de gallinaza (BIO – GREEN).	32

RESUMEN

La presente investigación se centró en conocer las condiciones requeridas para la germinación y la interrupción de dormancia de la especie *Echinochloa colona* (L.) Link, la cual es una especie de interés particular para productores de arroz en nuestro país, a causa de la competencia que esta ejerce con el cultivo del arroz, traduciéndose en una reducción en los rendimientos. El objetivo del estudio es evaluar condiciones requeridas para su germinación y el efecto de diferentes métodos de interrupción de dormancia; para obtener información sobre los factores que controlan la germinación, posibles estrategias de sobre vivencia y el método que libera la dormancia de *Echinochloa colona* (L.) Link, que permita obtener herramientas que contribuyan a un posible manejo ecológico de *Echinochloa colona* (L.) Link en campos cultivados. El estudio se realizó en el laboratorio de semillas del Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN) adscrito a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria, entre los meses de Enero y Agosto del 2006. El material biológico (semilla botánica) se colectó en la comarca Malacatoya, departamento de Granada. El estudio se realizó en dos fases: **En la primera fase** se realizaron: pruebas de viabilidad, determinación del contenido de Humedad (según ISTA 1996), prueba de germinación y prueba de germinación con semillas previamente secadas a temperatura de $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 horas y $130 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 4 horas. **En la segunda fase** se realizó el ensayo de interrupción de dormancia, para ello se estableció un DCA arreglado en un bifactorial donde se evaluaron nueve tratamientos: Etanol (0.5 M) más luz roja continua, Luz continua, Estratificación más 5 seg. luz, Estratificación más luz continúa, Agua hirviendo, Etanol (0.5 M), Ácido sulfúrico, Escarificación mecánica y un testigo. Los nueve tratamientos fueron sometidos a dos temperaturas ($20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$). En los resultados de la **primera fase**, las semillas de *Echinochloa colona* (L.) Link mostraron una viabilidad promedio de 92%. En la prueba de contenido de humedad no se logró determinar la humedad en semillas de *Echinochloa colona* (L.) Link debido a falta de información en la literatura, y la diferencia entre los valores obtenidos para las temperaturas de secado; en las pruebas de germinación no se observó respuesta. En la **segunda fase**, el análisis de varianza al 99% de confianza, para las variables Porcentaje y Tasa de Germinación, mostró efectos solamente entre los tratamientos evaluados; la separación de medias por Duncan ($\alpha = 0.05$) muestra que los mejores tratamientos que liberan de la dormancia a esta especie son: Etanol (0.5 M) más luz roja continua y Luz continua. La respuesta de las semillas de *Echinochloa colona* (L.) Link a los tratamientos de interrupción de dormancia con luz, determinaron que las semillas de esta especie son fotoblásticas o fotolátentes, además sugiere que la luz es un factor importante para la germinación de esta especie. La respuesta de *Echinochloa colona* (L.) Link a tratamientos con luz y escarificaron química sugieren que la dormancia de esta especie es fisiológica leve. La presencia de dormancia en esta especie puede ser un mecanismo de sobrevivencia en los campos.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se estudian métodos de control de malezas que ayuden a establecer manejos sin el uso indiscriminado de herbicidas. Los herbicidas pueden eliminar las malezas en forma satisfactoria, pero la mayoría no son lo suficientemente selectivos para el uso en cultivos de gramíneas, donde se encuentran frecuentemente las malezas (**Holm et al., 1977**). Este es el caso de *Echinochloa colona* (L.) Link, que en América Latina es una maleza particular en los campos de arroz (**Fischer et al., 1993**). La mayoría de los campos de arroz en América Central están infestados de *E. colona* (L.) Link, usualmente resistente al propanil (**Valverde et al., 2000**), causando serias pérdidas en las cosechas. En Costa Rica los rendimientos fueron reducidos entre el 70 y 87%, en parcelas donde no fue controlada una alta infestación de esta maleza (**Valverde et al., 2000**). En Colombia se documentaron bajas en los rendimientos del cultivo de arroz entre 27 y 92 %, cuando *E. colona* (L.) Link interfirió con el cultivo durante la etapa de crecimiento (**Castro y Almario, 1990; Fischer et al., 1997**).

E. colona (L.) Link posee un mecanismo fotosintético C₄ (**Strehl & Vianna 1997**) que le permite mostrar un crecimiento más acelerado que el del arroz (*Oryza sativa* L.), que posee un mecanismo fotosintético C₃ (**Valverde et al., 2000**), de esta manera este mecanismo de *E. colona* se constituye como un medio de interferencia con el cultivo. En la bibliografía se ha reportado que condiciones como: luz y disponibilidad de agua favorecen la germinación de esta especie (**Holm et al., 1977; Valverde 1996; FAO 1996**), siendo el primero el más destacado. El corto período de dormancia que esta especie posee, y que de acuerdo con **Holm et al., 1977** desaparece en menos de ocho semanas, podría ser responsable de su sobrevivencia en los campos cultivados. Por tanto, se puede sugerir que la dormancia es otro mecanismo que utiliza *E. colona* (L.) Link para interferir con el cultivo y que según **Foley (2001)**, esta característica puede hacer que se incremente su distribución en el tiempo. Además **Noronha et al., 1997** señala que uno de los medios por el cual las malezas sobreviven, es su capacidad de acumular semillas en el suelo (banco de semilla); la dormancia en estas especies podría contribuir a dicha acumulación.

Baker (1974) menciona que la dormancia en semillas es de interés intrínseco para los científicos en malezas debido a que es una de las características de adaptabilidad que éstas poseen. **Bradbeer (1988)** señala que la dormancia puede ser interrumpida como resultado de la exposición de la semilla a un simple factor con una intensidad requerida por un determinado período de tiempo, el mismo autor señala, que en casos más complejos la dormancia puede ser interrumpida por la exposición de las semillas a dos o más distintos factores. En la literatura se menciona sólomente un tratamiento específico para *E. colona* (L.) Link, el cual es luz continua (**Ramakrishnan, 1960**), sin embargo se pueden evaluar tratamientos sugeridos para romper dormancia de *Echinochloa cruz-gally* L. tales como etanol (0.5 M) más luz roja (**Taylorson y Hendrick, 1979**) y escarificación con ácido sulfúrico (**Takahashi, 1978**), también podrían evaluarse otros tratamientos de: escarificación mecánica (abrasión de las semillas con papel lija para romper la testa) y sumergir las semillas en agua hirviendo (**Camacho, 1994**).

Las características como el mecanismo fotosintético C_4 y la presencia de dormancia, que potencializa *E. colona* (L.) Link para interferir con el cultivo de arroz, hacen pensar que para idealizar una posible alternativa de manejo ecológico de esta especie es importante estudiar la biología de la misma. **Bond et al. (2001)** menciona que para idear un control orgánico de malezas, se debe tener en cuenta la contribución que puede hacer la biología de la maleza. Por otro lado la **FAO (1996)** menciona que comprender las características ecológicas y biológicas de malezas, con énfasis en el potencial reproductivo y la habilidad competitiva, sería una clave para establecer efectivos métodos de control.

Con el estudio de los aspectos de la biología de *E. colona* (L.) Link, como condiciones requeridas para su germinación, estrategias de sobrevivencia y factores que interrumpan la dormancia; podríamos abrir una brecha que facilite el estudio de controles ecológicos por medio de prácticas culturales o el uso de la alelopatía como una alternativa para un control biológico futuro (**Lovett, 1991**), que nos permita manejarla y no necesariamente erradicarla de los campos cultivados.

Las consideraciones anteriormente expuestas, permiten conducir este estudio basado en la evaluación de las condiciones requeridas para la germinación y métodos de interrupción de dormancia en semillas de *E. colona* (L.) Link, para su posible manejo ecológico.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

Estudiar las condiciones requeridas para la germinación y el efecto de diferentes métodos de interrupción de dormancia sobre las semillas de *E. colona* (L.) Link.

Objetivos Específicos:

1. Obtener información básica acerca de las condiciones requeridas para la germinación de semillas de *E. colona* (L.) Link.
2. Utilizar diferentes alternativas de interrupción de dormancia que permitan determinar el método que nos permita romper la dormancia en las semillas de *E. colona* (L.) Link. y detectar los factores que controlan su germinación.
3. Reconocer algunas estrategias de sobrevivencia de *E. colona* (L.) Link y las posibles implicaciones de las mismas para el manejo ecológico de esta maleza.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Ubicación del Estudio

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Semilla, del Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN), de a la Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el kilómetro 12 ½ de la carretera norte, Managua.

2. Material Experimental

El material biológico (semilla botánica) se obtuvo de plantas de *E. colona* (L.) Link, colectadas en la comarca Malacatoya, departamento de Granada, durante el mes de Enero del 2006. Utilizando la recomendación de los productores se estableció como criterio para coleccionar las semillas, el que éstas procedieran de panículas de color amarillo grisáceo, y en las que además las semillas se desprendieran con facilidad al roce de la panícula con la mano. Esta comarca está localizada a los 12° 04' 40'' de latitud Norte y 86° 01' 55'' Oeste, a una altura de 30 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). La precipitación anual de la zona es de 1753.9 mm, con una temperatura de 27.6° C y humedad relativa de 68.8% anualmente (INETER, 1998).

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos grandes fases. La Fase 1 consistió en realizar pruebas preliminares a las semillas de la especie en estudio, tales como prueba de viabilidad, contenido de humedad y pruebas de germinación, con el objetivo de obtener información básica. La Fase 2 consistió en interrumpir la dormancia en semillas de *E. colona* (L.) Link.

Fase 1. Pruebas Preliminares

Prueba de Viabilidad

Esta prueba se realizó de acuerdo a las reglas internacionales del **ISTA (1996)**. El procedimiento consistió en introducir semillas en un recipiente con agua destilada por 18 horas, posterior a esto se realizó un corte transversal a las semillas para dejar expuesto el embrión, éstas fueron colocadas en un recipiente, donde se vertió una solución al 0.2 %, de 2, 3,5 trifenil tetrazolium cloruro(TTC), éstas fueron dejadas por 24 horas. Para esta prueba se hicieron cuatro réplicas de 50 mitades de semilla cada una.

Se determinó el porcentaje de viabilidad para cada réplica a través de la siguiente fórmula según **Fernández y Johnston, (1986)**:

$$\text{Viabilidad (\%)} = \frac{\text{Mitades en tinción}}{\text{Mitades totales}} \times 100$$

Posteriormente se hizo un promedio de las cuatro réplicas para obtener un porcentaje definitivo de la viabilidad de las semillas de *E. colona*.

Contenido de Humedad

Se utilizó el método del horno (**ISTA, 1996**) usando dos niveles de temperaturas para secar las semillas, una temperatura alta constante (130⁰C por 4 horas), una temperatura baja constante (103⁰C por 23 horas). Adicionalmente se utilizó una temperatura de 60⁰C por 48 horas. Para cada temperatura se hicieron dos réplicas de 7.5 gramos.

Se seleccionó la temperatura de 60⁰C debido a experiencias en ensayos de germinación con semillas de pitahaya (*Hylocereus undatus* L.) por parte del personal de investigación del REGEN, donde se observó germinación de esta especie aunque las semillas hubieran sido previamente secadas a 60⁰C. Las muestras sometidas a esta temperatura se les realizaron seis observaciones, a intervalos de 6, 12, 18, 24, 36, 48 horas.

A las muestras sometidas a 130⁰ C se les hicieron 4 observaciones y las muestras expuestas a 103⁰C se les realizaron ocho observaciones, a intervalo de 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23 horas. En cada momento de observación se determinó el peso del recipiente más semilla seca. Previo a la toma de este dato, las muestras recién sacadas del horno se introducían en una campana con gel de sílice, para extraer la humedad restante.

El contenido de humedad para cada muestra fue calculado a través de la siguiente fórmula, según el **ISTA (1996)**.

$$\frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

Donde:

M_1 = Peso en gramos del contenedor y su tapa.

M_2 = Peso en gramos del contenedor, su tapa y la muestra antes de secada.

M_3 = Peso en gramos del contenedor, su tapa y muestra después del secado.

Prueba de Germinación.

El diseño experimental fue un DCA (Diseño Completo al Azar) para un bifactorial; los factores de estudio evaluados fueron A: Sustrato de Siembra y B: Posición de las semillas. La interacción de los factores da un total de 6 tratamientos, cada tratamiento con cuatro réplicas, para un total de 24 tratamientos. En la Tabla 1 se muestra los niveles para cada factor y la interacción de los mismos.

En cada placa petri se colocaron 25 semillas de *E. colona* (L.) Link. Estos tratamientos fueron colocados en bandejas e introducidos en una cámara de germinación a una temperatura de 26°C durante un mes. Permanecieron en oscuridad por este período de tiempo.

Tabla 1. Factores y niveles de estudio para la prueba de germinación de semillas de *E. colona* bajo condiciones de laboratorio.

Tratamientos	Factor A	Factor B
a_1b_1	Papel filtro	Semilla Superficial
a_2b_1	Sustrato Estéril	Semilla Superficial
a_3b_1	Sustrato no Estéril	Semilla Superficial
a_1b_2	Papel filtro	Semilla Enterrada
a_2b_2	Sustrato Estéril	Semilla Enterrada
a_3b_2	Sustrato no Estéril	Semilla Enterrada

Las condiciones a las que se sometieron las semillas en esta prueba fueron estratificación con sustrato **BIO-GREEN**, a base de gallinaza, donde las semillas fueron colocadas en la superficie y enterradas; otra forma fue colocar las semillas en la superficie de papel filtro, y entre papel filtro. Tanto al sustrato como al papel filtro que se utilizó como cama de siembra, se les regó con agua esterilizada y destilada para asegurar la capacidad de campo.

La cantidad de mililitros de agua esterilizada para cada tratamiento garantizaba la capacidad de campo del sustrato, esto según pruebas realizadas previamente. Estas condiciones de germinación fueron establecidas en placas petri. Cabe mencionar que las condiciones de

germinación anteriormente descritas se encuentran reportadas por **Noronha et al., 1997**, en un trabajo de investigación referido al estudio de la dormancia en semillas de malezas.

Descripción de tratamientos

Semilla en la superficie del filtro: Las semillas se colocaron en la superficie del papel filtro, este papel fue previamente humedecido con 2 ml de agua esterilizada.

Semillas entre papel filtro: Para simular el entierro de las semillas en el suelo, éstas fueron colocadas primeramente en un papel filtro, previamente humedecido con 2 ml de agua esterilizada. Posteriormente se colocó un segundo papel filtro de manera que cubriera las semillas.

Semillas en superficie de sustrato Estéril: Se colocaron 14 gramos de sustrato (**BIO-GREEN**) esterilizado en los platos petri, luego se humedeció este sustrato con 10 ml de agua esterilizada. Posteriormente se colocaron las semillas sobre el sustrato

Semillas enterradas en sustrato Estéril: Se colocaron las semillas sobre los platos petri, luego se colocaron 14 gramos de sustrato (**BIO-GREEN**) estéril, seguidamente se le suministro al sustrato 10 ml de agua esterilizada.

Semillas en superficie de sustrato no Estéril: Se colocaron 14 gramos de sustrato (**BIO-GREEN**) no estéril en la placa petri, luego se humedeció este sustrato con 15 ml de agua esterilizada. Posteriormente se colocaron las semillas.

Semillas enterradas en sustrato no Estéril: Se colocaron las semillas sobre los platos petri, luego se colocaron 14 gramos de sustrato (**BIO-GREEN**) no estéril, seguidamente se le agregó al sustrato 15 ml de agua esterilizada.

Variable

La variable medida fue germinación, para cada tratamiento; las observaciones se realizaron a intervalo de cada cinco días por un período de treinta días.

Prueba de germinación con semillas precalentadas

El diseño fue un DCA para un trifactorial. Para ello los factores evaluados fueron, A: temperatura de secado, B: Sustratos de siembra y C: Posición de las semillas. En la Tabla 2 se muestra los niveles para cada factor y la interacción de los mismos.

Las semillas provenientes de cada temperatura de precalentamiento, fueron sometidas a condiciones de germinación (Factor B y C de la tabla 2). La interacción de los mismos da un total de 12 tratamientos, éstos a su vez fueron replicados cuatro veces, lo que da un total de 48 observaciones (placas). En cada placa se colocaron 25 semillas de *E. colona* (L.) Link. Las placas fueron colocadas en bandejas e introducidas en una cámara de germinación a una temperatura de 26⁰C durante un mes. Y permanecieron en oscuridad por este período de tiempo.

Tabla 2. Factores y niveles de estudio para el desarrollo de la prueba de germinación de semillas de *E. colona*, precalentadas, bajo condiciones de laboratorio.

No	Tratamiento	Factor A	Factor B	Factor C
1	a ₁ b ₁ c ₁	Semillas precalentadas 60 ⁰ C	Papel filtro	Semilla Superficial
2	a ₁ b ₂ c ₁	Semillas precalentadas 60 ⁰ C	Sustrato Estéril	Semilla Superficial
3	a ₁ b ₃ c ₁	Semillas precalentadas 60 ⁰ C	Sustrato no Estéril	Semilla Superficial
4	a ₁ b ₁ c ₂	Semillas precalentadas 60 ⁰ C	Papel filtro	Semilla Enterrada
5	a ₁ b ₂ c ₂	Semillas precalentadas 60 ⁰ C	Sustrato Estéril	Semilla Enterrada
6	a ₁ b ₃ c ₂	Semillas precalentadas 60 ⁰ C	Sustrato no Estéril	Semilla Enterrada
7	a ₂ b ₁ c ₁	Semillas precalentadas 130 ⁰ C	Papel filtro	Semilla Superficial
8	a ₂ b ₂ c ₁	Semillas precalentadas 130 ⁰ C	Sustrato Estéril	Semilla Superficial
9	a ₂ b ₃ c ₁	Semillas precalentadas 130 ⁰ C	Sustrato no Estéril	Semilla Superficial
10	a ₂ b ₁ c ₂	Semillas precalentadas 130 ⁰ C	Papel filtro	Semilla Enterrada
11	a ₂ b ₂ c ₂	Semillas precalentadas 130 ⁰ C	Sustrato Estéril	Semilla Enterrada
12	a ₂ b ₃ c ₂	Semillas precalentadas 130 ⁰ C	Sustrato no Estéril	Semilla Enterrada

Se utilizaron dos temperaturas para precalentar las semillas, 60⁰C por 48 horas y 130⁰C por 4 horas. Las semillas fueron colocadas en dos contenedores de vidrio (uno para cada temperatura) y se prosiguió a introducirlas a los hornos (un horno para cada temperatura) éstos previamente calibrados con las temperaturas deseadas 60⁰C y 130⁰C. La descripción de los tratamientos evaluados es semejante a los descritos en la prueba anterior (ver Pág. 6-7).

Variable

La variable medida fue germinación, para cada tratamiento; las observaciones se realizaron cada cinco días por un período de treinta días.

Fase 2. Interrupción de dormancia de semillas de *E. colona* (L.) Link.

El diseño experimental fue un DCA para un bifactorial, los factores evaluados fueron, A: Métodos de Interrupción de Dormancia y B: Temperatura, mas un testigo relativo. La interacción de los factores da un total de 18 tratamientos (incluyendo el testigo). Se definieron 3 réplicas para cada tratamiento. Para un total de 54 placas. En la Tabla 3 se muestran los niveles para cada factor evaluado y su correspondiente interacción.

En cada placa petri se colocaron 20 semillas. Los tratamientos fueron introducidos en una cámara doble de germinación previamente calibrada con las temperaturas de 20⁰C y 26⁰C

Descripción del Mal (Modelo Aditivo Lineal)

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + (a\beta)_{ij} + e_{ijk} \dots \dots \dots \text{Donde:}$$

i = 1,2,3 niveles del factor A, 9 Métodos de Interrupción de Dormancia

j = 1,2,3.....niveles del factor B, Temperatura de Incubación

k = 1,2,3.....observaciones o repeticiones

Y_{ijk} = La k-ésima observación de semillas germinadas por el i-j-ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos de semillas germinadas causado por el efecto de los métodos de interrupción de dormancia.

a_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor Métodos de Interrupción de Dormancia, a estimar a partir de los datos del experimento

β_j = Efecto debido al j-ésimo nivel del factor Temperatura, a estimar a partir de los datos del experimento.

(aβ)_{ij} = Efecto de la interacción de los factores Métodos de Interrupción de Dormancia y temperatura de incubación

e_{ijk} = Efecto aleatorio de variación

Tabla 3. Factores y niveles de estudio para interrupción de dormancia en semillas de *E. colona* bajo condiciones de laboratorio.

No	Tratamientos	Factor A	Factor B
1	a ₁ b ₁	Agua Hirviendo	26 ^o C
2	a ₂ b ₁	Ácido Sulfúrico	26 ^o C
3	a ₃ b ₁	Escarificación Mecánica	26 ^o C
4	a ₄ b ₁	Luz Continua	26 ^o C
5	a ₅ b ₁	Estratificación + Luz Continua	26 ^o C
6	a ₆ b ₁	Etanol 0.5 molar	26 ^o C
7	a ₇ b ₁	Etanol 0.5 molar + Luz Roja	26 ^o C
8	a ₈ b ₁	Estratificación + 5 segundos Luz	26 ^o C
9	a ₉ b ₁	Semilla sin tratar (testigo)	26 ^o C
10	a ₁ b ₁	Agua Hirviendo	20 ^o C
11	a ₂ b ₂	Ácido Sulfúrico	20 ^o C
12	a ₃ b ₂	Escarificación Mecánica	20 ^o C
13	a ₄ b ₂	Luz Continua	20 ^o C
14	a ₅ b ₂	Estratificación + Luz Continua	20 ^o C
15	a ₆ b ₂	Etanol 0.5 molar	20 ^o C
16	a ₇ b ₂	Etanol 0.5 molar + Luz Roja	20 ^o C
17	a ₈ b ₂	Estratificación + 5 segundos Luz	20 ^o C
18	a ₉ b ₂	Semilla sin tratar (testigo)	20 ^o C

Se evaluaron ocho métodos de interrupción de dormancia en las semillas de *E. colona* (L.) Link, sometidas a dos temperaturas. Además se introdujo (como testigo) semilla sin ningún tratamiento.

Descripción de los tratamientos evaluados en la interrupción de dormancia de semillas de E. colona (L.) Link.

Agua Hirviendo: 50 ml de agua destilada fueron hervidos hasta alcanzar el punto de ebullición, seguidamente se procedió a sumergir 120 semillas de *E. colona* (L.) Link, las que permanecieron en el agua durante treinta minutos agitándolas continuamente. Finalmente se distribuyeron veinte semillas en platos petri con papel filtro humedecido con 2 ml de agua destilada estéril. Cada plato petri se envolvió con papel aluminio, para asegurar las condiciones de oscuridad.

Ácido Sulfúrico: Se preparó una concentración de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 60% (v/v), posterior a esto se colocaron 120 semillas en un beaker en el que se vertió una cantidad de la solución de ácido sulfúrico necesaria para cubrir las semillas, donde permanecieron 30 minutos. Luego las semillas se enjuagaron con agua esterilizada y destilada para limpiar los

residuos de la solución. Finalmente éstas semillas se distribuyeron a los platos petri. Cada plato petri tenía papel filtro humedecido con 2 ml de agua estéril y se envolvieron cada uno con papel aluminio, para asegurar condiciones de oscuridad.

Escarificación Mecánica: Unas ciento veinte semillas fueron frotadas con lijas granuladas con el objetivo de romper la cubierta de las semillas. La actividad duró hasta cumplir con el objetivo. Finalmente estas semillas se distribuyeron en platos petri, a cada uno se le agregó papel filtro humedecido con 2 ml de agua estéril y se envolvieron con papel aluminio cada uno, para asegurar condiciones de oscuridad.

Luz Continua: Se colocaron semillas en cada plato petri con papel filtro humedecido con 2 ml de agua estéril. Posteriormente se prosiguió a introducir los platos petri en la cámara de germinación en condiciones de luz fluorescente de color blanco.

Estratificación más Luz Continua: Se colocó una capa de 14 g. del sustrato **BIO-GREEN**, seguidamente se humedeció con 15 ml de agua y esterilizada. Se distribuyeron 120 semillas en los platos petri, y fueron introducidos a la cámara de germinación en condiciones de luz fluorescente de color blanco.

Estratificación más 5 segundos de Luz: Se colocó una capa del sustrato **BIO-GREEN** (14 gramos) en los platos petri, seguidamente se humedeció el sustrato con 15 ml de agua esterilizada. Las semillas se distribuyeron en platos petri los que fueron llevados a la cámara de germinación, donde permanecieron por cinco segundos en luz blanca fluorescentes, y luego se envolvieron en papel aluminio.

Etanol (0.5 M) más Luz Roja: Se preparó una solución de Etanolal 0.5 M, y se colocaron 120 semillas en un beaker donde se vertió la cantidad necesaria de la solución hasta sumergirlas. Las semillas permanecieron en la solución durante tres días. Finalmente las semillas se sembraron en platos petri con papel filtro humedecido con 2 ml de agua esterilizada y fueron envueltos con papel celofán de color rojo (dos capas) para obtener, al iluminar, una longitud de onda de 580-680 nm (**Fernández y Johnston, 1986**), a las semillas.

Finalizado esto se procedió a introducir las placas en la cámara de germinación en condiciones de luz fluorescente.

Etanol al 0.5 M: En una solución de Etanol al 0.5 M se sumergieron 120 semillas, donde permanecieron durante tres días. Se sembraron las semillas en platos petri con papel filtro previamente humedecido con 2 ml de agua esterilizada. Finalmente los platos fueron envueltos papel aluminio.

Semilla sin tratar (testigo): Se colocaron semillas en platos petri con papel filtro previamente humedecido con 2 ml de agua esterilizada. Luego las placas fueron envueltas en papel aluminio, y colocadas en la cámara de germinación. Este tratamiento fue utilizado para comparar el comportamiento de las semillas a los diferentes métodos de interrupción de dormancia

Variable evaluada

La variable medida fue germinación. Realizándose observaciones cada ocho días (a los 8,16 y 24 días), por réplica en cada tratamiento. En base a esta variable el porcentaje de germinación y la tasa de germinación fueron determinados. La tasa de germinación fue obtenida en base a la siguiente formula:

$$\text{Tasa de Germ.} = \frac{\text{Germinación Total}}{\text{Días de observación Totales}}$$

Análisis Estadístico

Para este análisis a los datos se aplicaron pruebas de ANDEVA y separación de medias por DUNCAN con un 95% de confianza. Para hacer esto se utilizó el software SAS (v.9.1).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Fase 1. Pruebas preliminares

Prueba de Viabilidad

Los resultados de la prueba de viabilidad con TTC en semillas de *E. colona* (L.) Link muestran altos porcentajes de viabilidad para las cuatro réplicas. En la Figura 1, las réplicas 1 y 4 muestran un porcentaje de 84 y 86% de viabilidad respectivamente, mientras las réplicas 2 y 3 tienen 100% de viabilidad.

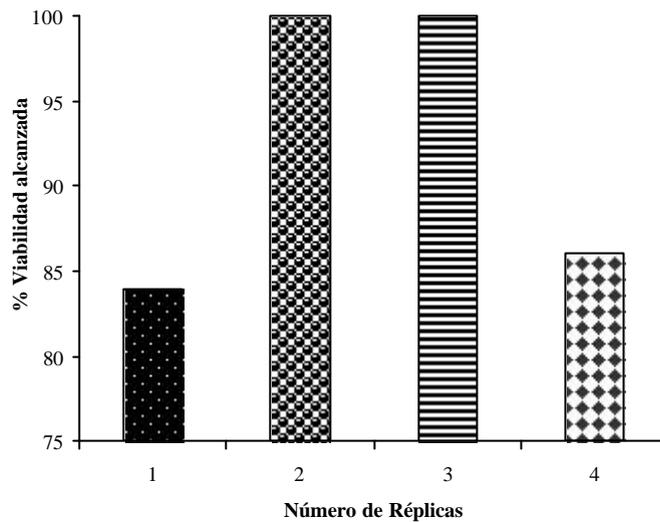


Figura 1. Porcentaje de viabilidad en semillas *E. colona* (L.) Link obtenida a partir de la prueba de viabilidad con TTC.

El resultado de la prueba indica que el embrión de éstas semillas está vivo (Figura 2) debido a que al haberse hidratado el embrión, entraron en actividad enzimas hidrolíticas y oxidoreductasas (deshidrogenadas), de manera que en el citoplasma de la célula el 2, 3,5 trifenil tetrazolium es reducido a formazán, dando así la tinción del embrión en color rojo carmín (Medina 1977).



Figura 2. Tinción lograda en semillas de *E. colona* durante la prueba de viabilidad con TTC.

En la figura 2 es notoria la tinción de los tejidos de la semilla, donde se observa un embrión, posiblemente axial lineal (**Flores, 1989**), elongado y teñido por la solución de tetrazolium, indicando de esta manera la actividad bioquímica presente en la semilla y su potencial para producir una plántula normal (**ISTA, 1996**)

Bradbeer (1988) postula que si más del 90% de las semillas sometidas a la prueba de tetrazolium se observaban en intensa tinción, podríamos asegurar, en el caso de cultivos un excelente establecimiento en el campo. De ahí que los valores obtenidos en la prueba de viabilidad, podrían hacer deducir el comportamiento de esta especie en campo.

Contenido de Humedad

Las pruebas realizadas para determinar humedad siguiendo la metodología del **ISTA (1996)** no dieron los resultados deseados. Y aunque a 130⁰C después de dos horas de exposición, el contenido de humedad encontrado en las semillas se estabiliza (tiempo 4), a como se logra ver en la Tabla 4, sin embargo a temperatura de 103⁰C no fue posible observar un comportamiento similar. Por estos resultados diferentes, y debido a que además no existe ninguna información en la literatura respecto a uno de estos métodos en semillas de malezas, no es posible aun, recomendar el uso del método a temperatura alta constante a 130⁰C por 4 horas, para determinación de humedad en este tipo de especie. Más estudios serán necesarios al respecto.

La exposición de semillas a temperatura de 60⁰C fue de interés principalmente para obtener información sobre la capacidad de *E. colona (L.)* Link para germinar. Pero adicionalmente se intento corroborar si esta temperatura también podría ser utilizada para diseñar una metodología de determinación de contenido de humedad en especies de malezas. A este respecto se puede observar que las semillas secadas a temperatura de 60⁰C y 130⁰C dejan de perder humedad en determinado tiempo, y desde el cual la humedad se establece en un mismo valor (10.36 %), como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Contenido de humedad para cada temperatura de secado (horno) en diferentes tiempos de exposición en condiciones de laboratorio

Nº	Temperatura de secado	Tiempo (hrs.)	Contenido de Humedad Promedio
1	60	6	9.44
		12	9.63
		18	9.92
		24	10.16
		36	10.36
		48	10.36
2	103	2	9.56
		5	9.65
		8	10.39
		11	10.65
		14	10.71
		17	10.67
		20	11.08
		23	11.25
3	130	1	9.86
		2	10.34
		3	10.36
		4	10.36

Pruebas de Germinación

En los resultados de esta prueba, no se observó germinación en las condiciones a las que fueron sometidas las semillas de *E. colona* (L.) Link durante los treinta días del ensayo. Es probable que estas condiciones no sean favorables para la germinación de la misma. En similares condiciones de estratificación en papel filtro y turba en oscuridad, **Noronha et al (1997)** encontró una reducción del 75% en la germinación de semillas de la maleza *Stellaria media* lo que explica la variedad de respuestas de éstas especies. Por otro lado **Pons (1982)** no encontró germinación de *E. colona* (L.) Link, al enterrar la semilla a 2 cm. en suelo embebido hasta la superficie, lo que se asemeja al comportamiento reflejado por las semillas, al haber sido enterradas en sustrato que posteriormente fue embebido. Posiblemente esté faltando un factor importante como la luz, lo que mencionan **Ellis et al (1990)** y **Holm et al (1977)** al referirse que esta especie necesita de luz para una buena germinación. También es importante mencionar que las semillas de *E. colona* (L.) Link pueden estar mostrando con este comportamiento, la presencia de dormancia.

Prueba de germinación con semillas sometidas precalentamiento

Como se mencionó en el acápite contenido de humedad, las pruebas realizadas a 60⁰C fueron con el interés de observar si las semillas de esta maleza tendrían posibilidades de germinar. Los resultados obtenidos con semillas secadas a 60⁰C por 48 horas, muestran un 4% de germinación bajo condiciones donde las semillas estaban sobre la superficie de papel filtro, y un 1% en el tratamiento donde las semillas fueron colocadas entre papel filtro. Esta germinación muestra de manera discreta el posible efecto que pudo tener la temperatura. Además este comportamiento sugiere que las semillas de esta especie pueden perder cierta cantidad de humedad y preservar la necesaria para la actividad metabólica interna, asegurando de esta manera su sobrevivencia en el medio ambiente donde se encuentre. Por otro lado las semillas de *E. colona* (L.) Link. podrían presentar la capacidad de soportar condiciones donde las temperaturas sean elevadas. Adicionalmente se puede pensar que el hilio de las semillas de esta especie se cierra evitando que se pierda humedad y se ponga en peligro la sobrevivencia de la especie.

Los resultados obtenidos en las dos pruebas anteriores corroboran, tal como fue previsto, que la germinación de *E. colona* (L.) Link. está regulada por la conjugación de una serie de factores o características, y además por la presencia de dormancia que se encuentra reportada por **Holm et al., 1977** y **FAO (1996)**, aseveración que sustenta la fase dos del trabajo de investigación. Es probable que la ausencia del factor luz en las condiciones de germinación haya incidido en la falta de germinación, seguidamente las condiciones para germinar probablemente no son las favorables lo que puede inducir a una dormancia secundaria en las semillas de esta especie. Esto es sustentado por **Foley (2001)** quien menciona que la dormancia secundaria en semillas resulta de la exposición de las mismas, por períodos prolongados, a condiciones desfavorables para la germinación.

Fase 2. Interrupción de dormancia en semillas de *E. colona* (L.) Link.

Porcentaje de Germinación

Los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación, muestra con un 99% de confianza, diferencia significativa entre los tratamientos. Por otro lado refleja que no existe efecto significativo por las temperaturas y por la interacción tratamiento-temperatura (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de Varianza para la variable porcentaje de germinación de la especie *E. colona* (L.) Link

F de V	GL	S.C.	CM	Fc.	Pr>F
M. I.D.	8	9840.53	1230.06	16.77	<0.0001
Temperatura	1	76.12	76.12	1.04	0.3153
M.I.D.*Temp.	8	670.83	83.85	1.14	0.3599
Error	35	2566.66	73.33		
Total	52	13361.32	C.V.(%) =65.30		

M.I.D. = Métodos de Interrupción de dormancia

Estadísticamente la separación de medias por Duncan ($\alpha=0.05$), para la variable porcentaje de germinación muestra que el mejor tratamiento en la interrupción de dormancia es Etanol (0.5 M) más luz roja continua, seguidamente el tratamiento luz continua. Sin embargo hay un grupo variado de tratamiento por lo que no pueden definirse en una categoría única, estos son etanol (0.5 M), ácido sulfúrico y escarificación mecánica. Por el contrario los tratamientos estratificación más cinco segundos luz, estratificación más luz continua, agua hirviendo y el testigo se colocan en una categoría sin efecto alguno sobre la variable. (ver tabla 6)

Tabla 6. Separación de medias por Duncan ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de germinación.

Agrupación de Duncan	Medias (P.G.)	N	Tratamiento
A	41.0	5	Et 0.5M LR
B	30.0	6	Luz Continua
C	23.3	6	Et0.5M3d
C	16.6	6	Ácido sulfúrico
E	6.6	6	Escarificación
E	5.0	6	Testigo
E	0.0	6	Agua Hirviendo
E	0.0	6	Estratificación + 5 seg luz
E	0.0	6	Estratificación Luz continua

P.G. = Porcentaje de Germinación.

La figura 3 muestra el comportamiento del porcentaje de germinación en cada nivel de temperatura, los cuales son muy similares. Lo anterior expuesto se encuentra expresado en el ANDEVA realizado, referido a que no se encontró efecto significativo del factor temperatura.

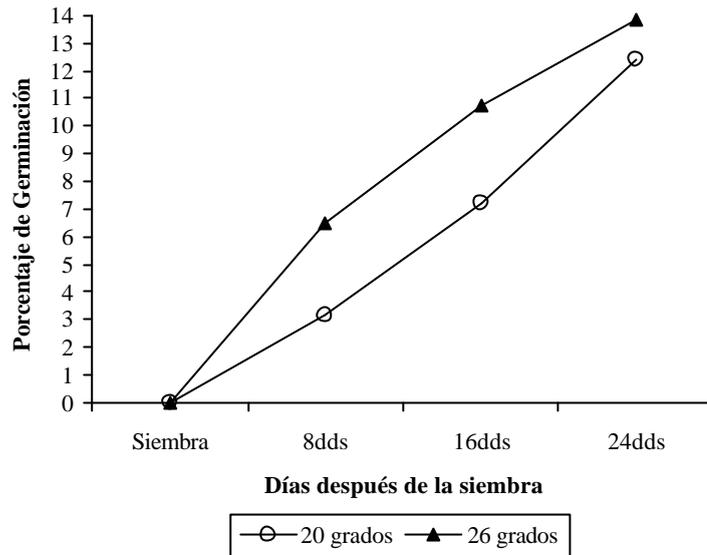


Figura 3. Comportamiento de la germinación a dos niveles de temperatura.

Holm et al., 1997; FAO., 1996; Valverde; 1996 reportan en la literatura que *E. colona* (L) Link es una especie de áreas tropicales. A este respecto **Ellis et al., 1985** menciona que el rango de temperatura óptimo para especies tropicales es entre 25 y 30⁰C. Sin embargo el resultado observado en la figura 3, sugiere que para el caso de *E. colona* (L) Link la germinación puede ocurrir a temperatura de 20⁰C.

Por otra parte, las semillas colectadas para el presente trabajo proceden de una localidad donde la temperatura promedio anual es de 27.6⁰C, lo que puede sustentar el hecho de que *E. colona* (L) Link haya germinado a temperatura de 26⁰C, la cual se encuentra dentro del rango propuesto por **Ellis et al. , 1985**.

En la Figura 4, se muestra los resultados obtenidos para las dos temperaturas; el tratamiento Etanol 0.5 molar + luz roja continua dio los mejores resultados seguido del tratamiento luz continua; la germinación fue de un 0 % en los dos tratamientos en que se implementó la estratificación.

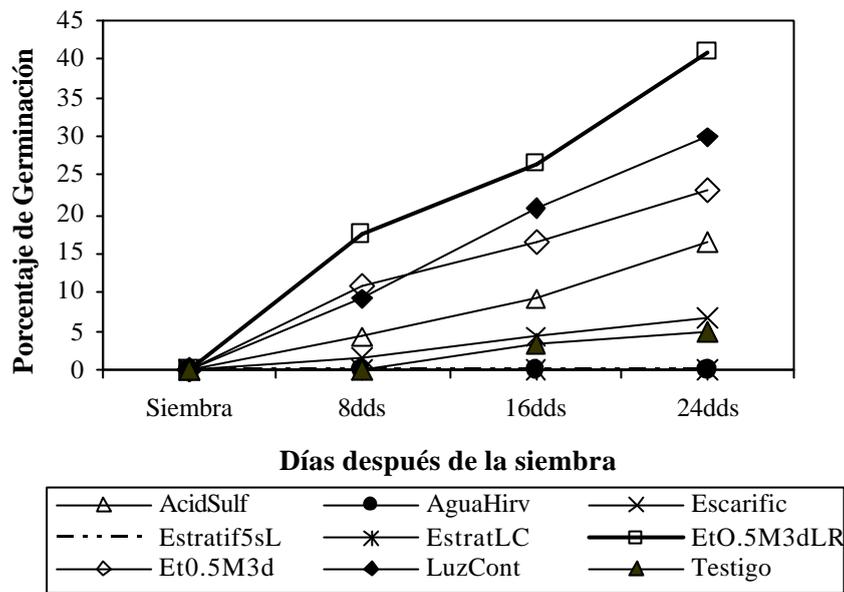


Figura 4. Comportamiento de la germinación por efecto de los métodos de interrupción de dormancia.

Estos resultados en los tratamientos etanol(0.5 M) más luz roja continua y luz continua, sugieren que esta especie necesita el factor luz para que la semilla germine lo que coincide con lo postulado por **Holm et al (1977)**. Por la respuesta a este factor las semillas de esta especie se pueden clasificar en fotoblásticas positivas (**Bradbeer 1988**), o fotolatas como lo proponen **Salisbury y Ross, (1992)**. Por otro lado el efecto del etanol (0.5 M) se le adjudica al mejoramiento de la permeabilidad de las cubiertas y membranas en las semillas (**Khan 1975; Khan 1977**). Lo anterior explica las respuestas de las semillas de *E. colona* (L.) Link al tratamiento con etanol. La respuesta observada en los tratamientos de ácido sulfúrico y escarificación mecánica, sugiere que hubo un efecto en las cubiertas de las semillas que mejoró la permeabilidad de éstas. La impermeabilidad de la cubierta puede ser un mecanismo importante en la dormancia de la semilla. De manera muy clara los tratamientos anteriores superan el testigo el cual obtuvo 5% de germinación. No hubo germinación en los tratamientos de estratificación más cinco segundos luz, estratificación más luz continua y agua hirviendo; los resultados obtenidos en los dos tratamientos de estratificación en presencia de luz son similares a los observados en las pruebas de germinación con este tratamiento en oscuridad. Tal comportamiento sugiere, que probablemente el sustrato utilizado haya ocasionado algún efecto que interrumpa la germinación en esta especie, y probablemente este efecto se deba a alguna actividad química de los compuestos presentes en el sustrato.

Los mecanismos, tanto de impermeabilidad y fotolancia (fotoblastismo positivo), mostrados por las semillas, indican que esta especie posee dormancia fisiológica leve, según **Camacho (1994)**, y que puede inducirse a una dormancia secundaria, si las semillas se someten a condiciones que no permitan su germinación según otros autores (**Copeland 1976, Hartman et al 1971, Jann et al 1977 y Nikolaeva 1969**). Además Bernal Valverde* menciona que a *E. colona* se le atribuye una dormancia secundaria.

Bleasdale (1977) y **Nikolaeva (1969)** mencionan que la importancia de la dormancia secundaria radica en que es un mecanismo que impide que las semillas pierdan viabilidad en un medio que propicia su muerte y puede presentarse en semillas de cultivos bajo condiciones de suelos encharcados, siembra profunda, y altas temperaturas. Lo que indica que *E. colona* (L.) Link puede utilizar la dormancia secundaria como mecanismo de sobrevivencia, debido a que en campos cultivados con arroz las condiciones a las que debe sobrevivir son similares a las ya mencionadas anteriormente. De esta forma no solo garantiza su sobrevivencia si no que asegura la distribución de la germinación en el tiempo.

Ramakrishnan (1960) ha señalado que en condiciones de oscuridad la interrupción de dormancia y la estimulación de la germinación en semillas de *E. colona* (L.) Link no ocurre. De lo anteriormente expuesto, se puede proponer, que para idear un control ecológico de esta especie se debe tomar en consideración la manera de como simular condiciones de oscuridad en campo. Como ejemplo de ello, puede pensarse en una variedad de arroz de crecimiento rápido, que cierre calle y cubra la maleza, asemejando así condiciones de oscuridad que impidan una mayor germinación de esta especie de maleza.

Tasa de Germinación.

El análisis de varianza realizado con un 99% de confianza, para la variable tasa de germinación, muestra que hay diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, sin embargo no se encontraron diferencias entre las temperaturas y la interacción tratamiento-temperatura (Tabla 7).

*Bernal Valverde, comunicación por correo electrónico, 2006

Tabla 7. Análisis de Varianza para la variable tasa de germinación de la especie *E. colona* (L.) Link

F de V	GL	S.C.	CM	Fc	Pr>F
M.I.D.	8	0.6833	0.0854	16.77	<0.0001
Temperatura	1	0.0052	0.0052	1.04	0.3153
M.I.D. *Temp.	8	0.0465	0.0058	1.14	0.3599
Error	35	0.1782	0.005		
Total	52	0.9278	C.V.(%) = 65.30		

La separación de medias por Duncan ($\alpha=0.05$) para la tasa de germinación (Tabla 8) muestra que el mejor tratamiento en la interrupción de dormancia es **etanol (0.5 μ) más luz roja continua**, seguido del tratamiento **luz continua**. Sin embargo, hay un grupo de tratamiento variables por lo que no pueden definirse en una categoría única, estos son **etanol (0.5 M), ácido sulfúrico y escarificación mecánica**. Por el contrario los tratamientos **estratificación más cinco segundos luz, estratificación más luz continua, agua hirviendo** y el **testigo** se colocan en una categoría sin efecto alguno sobre la variable.

Tabla 8. Separación de medias por Duncan ($\alpha=0.05$) para la variable tasa de germinación.

Agrupación de Duncan	Medias (# S.G.D.)	N	Tratamiento	
	A	0.34	5	Et 0.5M LR
	B	0.25	6	Luz Continua
C	B	0.19	6	Et0.5M3d
C	D	0.10	6	Ácido sulfúrico
E	D	0.05	6	Escarificación Mecánica
	E	0.04	6	Testigo
	E	0.00	6	Agua Hirviendo
	E	0.00	6	Estratificación + 5 seg. luz
	E	0.00	6	Estratificación Luz continua

S.G.D. = Número de semillas germinadas por día.

La figura 5 refleja el comportamiento de la tasa de germinación para cada nivel de temperatura, donde el factor temperatura no realizó efecto alguno sobre esta variable.

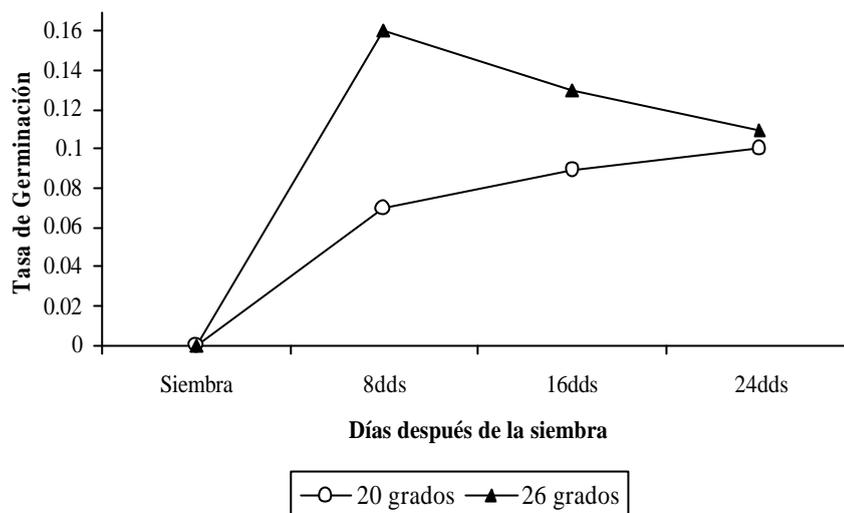


Figura 5. Comportamiento de la tasa de germinación a dos niveles de temperatura

La tasa de germinación a temperatura de 26⁰C supera a la de 20⁰C a los 8 dds (días después de la siembra, sin embargo al transcurrir 24 dds se observa que la tasa de germinación a 26⁰C decae hasta asemejar su comportamiento con la tasa de germinación a 20⁰C.

En la figura 6, se muestra la tasa de germinación en diferentes momentos de observación, para cada tratamiento evaluado; en esta se observa como el tratamiento etanol 0.5 M con luz roja continua, supera en tasa de germinación a los demás tratamientos.

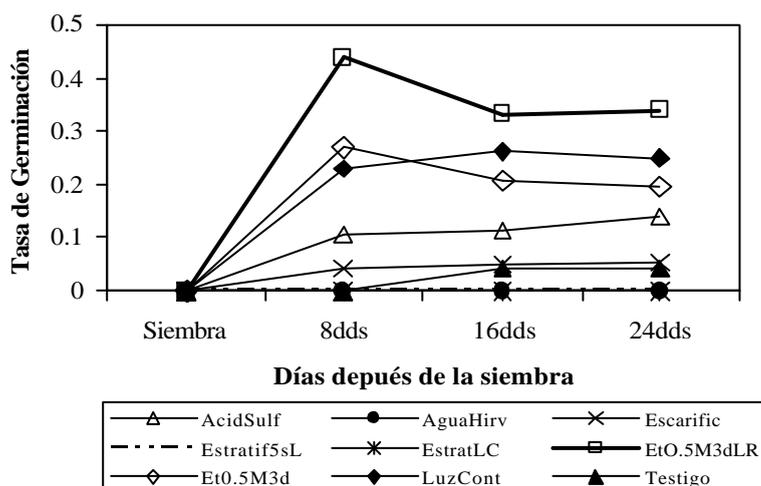


Figura 6. Comportamiento de la tasa de germinación en cada tratamiento en diferentes momentos de observación.

La mayor tasa de germinación la obtuvo el tratamiento etanol 0.5 M con luz roja, este tratamiento y el de etanol 0.5 M, alcanzaron su mayor tasa de germinación a los 8 dds, posteriormente hubo una baja en su tasa de germinación a los 16 dds. Seguidamente el tratamiento **etanol 0.5 M con luz roja** logra un ligero incremento, mientras que el tratamiento **luz continua** sufre una ligera baja. Contrario a lo anterior el tratamiento Luz continua logra su mayor tasa de germinación a los 16 dds, momento en el cual supera al Etanol 0.5 M, y sufre una ligera decaída a los 24 dds. Los tratamiento Ácido sulfúrico, Escarificación mecánica y testigo lograron su mayor tasa de germinación entre lo 16 y 24 dds. Las tasas de germinación mostradas por etanol (0.5 M) más luz roja continua y luz continua siguieron demostrando el impacto que ejerce el factor luz en esta especie. En la figura 5 se muestra que los mejores tratamientos obtuvieron su máxima tasa de germinación entre los 8 y 16 dds, comportamiento que posiblemente suceda en campo. Por tanto, se puede explicar la agresividad de esta especie en campo, en los primeros estadós del cultivo. Se puede suponer que al controlar esta especie en los primeros dieciséis días después de su emergencia, estaríamos controlando su mayor población, y evitando la competencia de esta especie por lo elementos básicos (luz, agua y nutrientes) en las primeras etapas de establecimiento y desarrollo del cultivo, donde son muy importartes dicho elementos.

Por otro lado Evert Ocón ha observado, que esta especie a las dieciséis días alcanza un población suficiente para causar problemas al cultivo del arroz.*

*Ing. Evert Ocón, comunicación personal, 2006

V. CONCLUSIONES

- ☞ El promedio de viabilidad (92%) de las semillas de *Echinochloa colona* (L.) Link determinado por medio del test de tetrazolium (TTC), fue alto. Aunque las pruebas de germinación de la Fase 1 no dieron resultados positivos, sin embargo estos corroboran la presencia de dormancia en esta especie.
- ☞ Los estudios de dormancia permitieron determinar estadísticamente que el tratamiento etanol 0.5 M más luz roja continua fue el mas efectivo para liberar de la dormancia a las semillas de *E. colona* (L.) Link. Adicionalmente, se detectó que el factor luz es un elemento importante para la germinación de esta especie. El comportamiento de las semillas de *E. colona* (L.) Link a tratamientos con luz y escarificación química permitieron identificar una dormancia fisiológica leve en esta especie.
- ☞ El embrión axial lineal, observado en las pruebas preliminares, usualmente se acompaña de requerimientos de luz, lo cual permite lo determinante del factor luz para la germinación de esta especie.
- ☞ La dormancia que presenta las semillas *E. colona* (L.) Link, probablemente sea un mecanismo que asegure su sobrevivencia en los campos, y a la vez su distribución en el tiempo. Adicionalmente la germinación mostrada en la prueba de germinación cuando las semillas fueron precalentadas puede sugerir que esta especie puede soportar la exposición a elevadas temperaturas sin afectar su germinación lo que caracteriza a este comportamiento como otra estrategia de sobrevivencia.
- ☞ La susceptibilidad de *E. colona* (L.) Link a condiciones de oscuridad, puede ser utilizada como fundamento base, para idear un control ecológico por el cual se simulen éstas condiciones en campo.

VI. RECOMENDACIONES

- ☞ La capacidad de germinar de semillas de *E. colona* (L.) Link expuestas a temperaturas elevadas, debe ser corroborada profundizando en estudios al respecto.
- ☞ El efecto de una posible dormancia secundaria en la germinación de semillas de *E. colona* (L.) Link debe ser investigada para contribuir a alcanzar un manejo ecológico en esta maleza.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Baker, H. 1974. "The evolution of weed". *Annals Review Ecological Systems*. 5: 1-24.
- Bleasdale, K. 1977."Plant physiology in relation to the horticulture". *The Avi Publishing Company*. (EEUU). Pp 2-22.
- Bond, W. & Grundy A. 2001. "Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*. 41: 383 - 405.
- Bradbeer ,J. 1988."Seed dormancy and germination". *Chapman and Hall*, New York. Pp: 66, 100.
- Camacho, M. 1994."Dormición en semillas: causas y tratamientos". Trillas México. 125 p.
- Castro, A. & Almario, O. 1990. "Efecto de las malezas gramíneas en el arroz (*Oryza sativa* L). *Revista COMALFI* (Colombia) 17: 37-41.
- Copeland, L. 1976. "Principle of seed science and technology". *Burger Publishing Company* (EEUU). 369 p.
- Ellis R., Hong T. & Robert E. 1985. "Handbook of seed Technology for Genebank 2. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations". International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Ellis, R., De Barros, M., Hong, T. & Roberts, E. 1990. "Germination of seed of five cultivars of *Echinochloa colonum* (L.) Link in response to potassium nitrate and white light of varying photon flux density and photoperiod". *Seed Science and Technology*. 18: 119-130.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1996. "Weed management in rice". *FAO Technical papers plant productions and protection*. Paper # 139. Rome (Italia). Pp : 9,10,11-17.
- Fernandez, H., & Johnston M. 1986. "Fisiología Vegetal Experimental". IICA, serie de libros y materiales educativos # 58. San José (Costa Rica). Pp:347,408-409.
- Fischer, A., Ramirez, H. and Lozano J. (1997). "Suppression of Junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link) by irrigated rice cultivars in Latin America. *Agronomy Journal*. 89: 516-521.
- Fischer, A., Granados, E., & Trujillo, D. 1993."Propanil resistance in populations of jungle rice (*E. colona*) in Colombia rice fields. *Weed Science*. 41: 201-206.
- Flores, E.1989."La Planta: Estructura y Función". Primera edición, Editorial Tecnológico de Costa Rica (C.R.). Pp: 450-451.
- Foley, M. 2001."Seed Dormancy: an update terminology, physiological, genetics and

- quantitative trait loci regulating germinability”. *Weed Science*. 49: 305-317.
- Hartmann, H. & Kester, D. 1976. “Propagación de plantas, principios y practicas”: Traducción Marino A.A. CECSA, México. 809 p.
- Holm, L., Plucknett, D., Pancho, J. & Herberger JP. 1977.”The world’s worst weed: Distribution and Biology. Honolulu (Hawaii). Pp 41-46.
- Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER). 1998., Direccion de Meteorologia. Managua (Nicaragua). Pp 1-4.
- International Seed Testing Association(ISTA). 1996. “International Rules for seed testing. Zürich, Switzerland. 6: 203-245; 9: 49-52.
- Jann, R. & Amen, D. 1977. “What is germination?” en: Khan AA. (ed) Physiology and Biochemistry of seed dormancy and germination. *Elsevier/ North Holland Biomedical Press*, Holland. Pp 7-27.
- Khan, A. 1977. “Physiology and Biochemistry of seed dormancy and germination. *Elsevier / North Holland Biomedical Press*, Holland. Pp 29-49; 283-316.
- Khan, A. 1975. “Primary, preventive and permissive role hormonal in plants systems”. *Bot. Rev.*41:391 – 420.
- Lovett, J. 1991. “Changing perceptions of allelopathy and biological control. *Biological Agriculture and Horticulture*. 8: 89-100.
- Medina, E. 1977. “Introducción a la Ecofisiologia Vegetal”. *Secretaria general de al OEA* (Organización de Estados Americanos). Washington (EEUU). Serie de Biología, monografía # 16. Pp: 7-13.
- Noronha, A., Anderson, L. & Milberg, P. 1997. “Rate of change in Dormancy level and light requirement in Weed seeds during stratification”. *Annals of Botany*. 80:795-801.
- Pons, T. 1982. “Factors affecting weed seed germination and seedling growth in lowland rice in Indonesia. *Weed Research* 22: 155-161.
- Ramakrishnan, P. 1960. “Ecology of *Echinochloa colonum* Link. *Indian Academy of Science Proceeding B*. 52: 73-90.
- Salisbury, F. & Ross, C. 1992. “Fisiologia Vegetal”. Editorial Iberoamericana. México D.F. Pp 501.
- Strehl, T. & Muller, L. 1979. Estudo da Morfologia e Anatomia de *E. colona* (L.) Link. (capim – arroz). Ser. Botânica, Porto Alegre, 24: 27- 49.
- Strehl T. and Vianna M. (1997). “*Echinochloa colona* (L.) Link o capim arroz em nossas lavouras”. *Lavoura Arrozeira* 30: 8-11.

- Takahashi, H. 1978. "Seed germination, ecology and cultivation of barnyardgrass after Italian ryegrass in unflooded paddy fields". *Japan Agricultural Research Quarterly* 12: 44-48
- Taylorson, R. & Hendricks, S. 1979. "Overcoming dormancy in seeds with ethanol and other anaesthetics". *Planta* 145: 507-510.
- Valverde, E., Riches, Ch & Caseley, J. 2000. "Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: Experiencias en Centro América con *Echinochloa colona* L". Primera edición, San José (Costa Rica). Pp 24-25.
- Valverde, E. 1996. "Management of herbicide resistant weeds in Latin America: The case of propanil-resistant *Echinochloa colona* in rice". In: Proceeding 1996 Second International Weed Control Conference. Copenhagen, Denmark, 415-420. Unidad de fitoproteccion, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

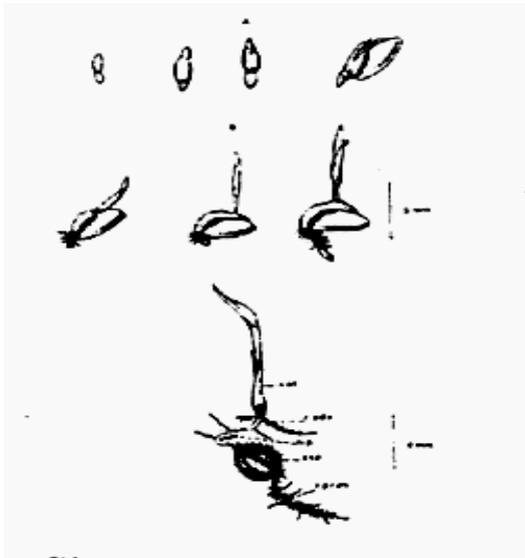
ANEXOS



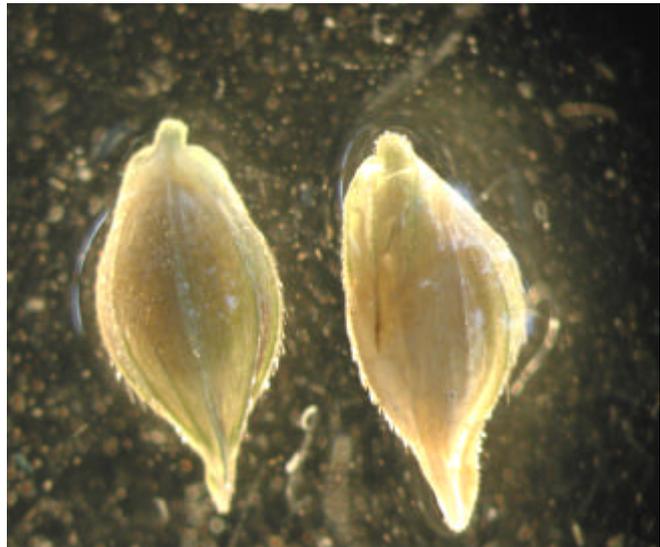
Anexo 1. Planta de *E. colona* (L.) Link en un plantío de arroz en la Comarca, Malacatoya, Granada. 2006



Anexo 2. Inflorescencia de *E. colona* (L.) Link



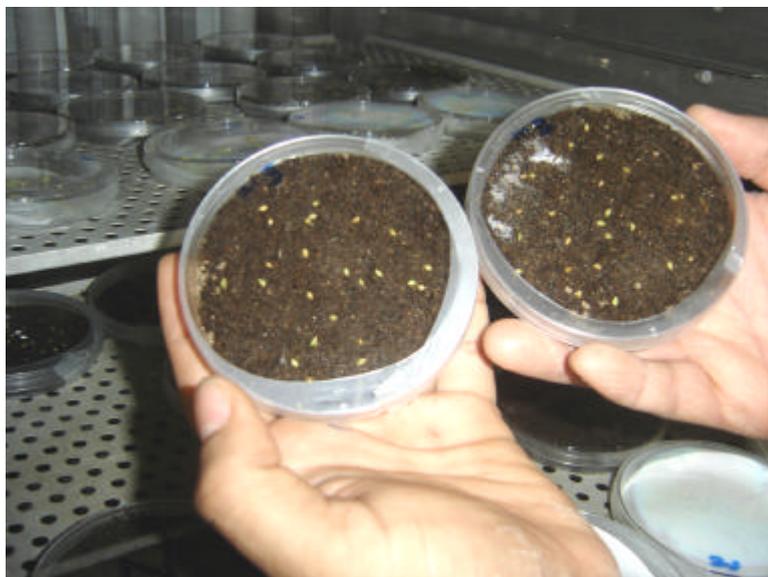
Anexo 3. Morfología de la germinación de las semillas de *E. colona* (L.) Link según **Strehl & Muller (1979)**.



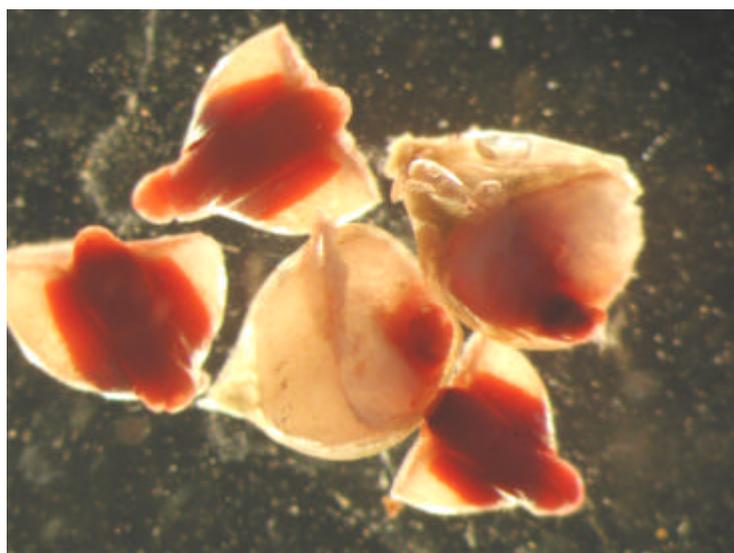
Anexo 4. Semillas de *E. colona* (L.) Link vistas desde un estereoscopio



Anexo 5. Introducción de platos petri conteniendo las semillas y los diferentes tratamientos evaluados, a una cámara de germinación para las pruebas de germinación.



Anexo 6. Semillas de *E. colona* (L.) Link sometidas al tratamiento estratificación en las pruebas de germinación.



Anexo 7. Tinción de las semillas de *E. colona* (L.) Link como resultado de la prueba de viabilidad con TTC.

Anexo 8. Tipo de nutrientes y proporción, contenido en el sustrato a base de gallinaza (BIO – GREEN).

Nutriente	Cantidad (% o ppm)
Nitrógeno	1.20-2.86%
Fósforo	1.81-3.11%
Potasio	1.34-2.22%
Calcio	7.10-7.68%
Magnesio	0.65-0.70%
Hierro	0.79-0.84%
Azufre	0.22-0.28%
Cobre	93.20-94.50ppm
Manganeso	650.30-661.60ppm
Zinc	349.20-354.40ppm
Boro	10.20-11.40ppm
M.O.	21.75-32.81%
Cenizas	78.25-67.19%
Humedad	9.94-16.03%
pH	7-8.5

