

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 10, número 1; 2022

Artículo original

Caracterización morfo-fisiológica y respuesta germinativa de semillas de *Delonix regia* (Bojer) raf. sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos

Morpho-physiological characterization and germinative response of *Delonix regia* (Bojer) raf seeds. subjected to different pregerminative treatments

Caracterização morfofisiológica e resposta germinativa das sementes de *Delonix regia* (Bojer) raf. sujeitas a diferentes tratamentos pré-germinativos

Claudia Verónica Luna¹  <https://orcid.org/0000-0001-7895-3993>

María Laura Fontana²  <https://orcid.org/0000-0002-7922-9435>

¹Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE). Cátedra de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. Argentina

²Universidad Nacional del Nordeste. Estación Experimental Agropecuaria Corrientes, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.

*Autor para la correspondencia: claudiaverluna@gmail.com

Recibido: 23/02/2022.

Aprobado: 07/03/2022.

RESUMEN

Delonix regia es una especie que adquirió importancia mundial debido a sus múltiples propiedades y aplicaciones. Esta presenta baja germinación por características propias de la semilla como: permeabilidad de la testa y presencia de inhibidores fenólicos que impide el flujo necesario de agua y oxígeno para desencadenarla. El objetivo del trabajo consistió en caracterizar la morfología y la respuesta germinativa de semillas de *D. regia* sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos. Metodológicamente se aplicó un



diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas cada uno. Los tratamientos fueron: escarificado físico, mecánico y combinado. En este contexto, se logró establecer la calidad de semillas indicando sus rasgos biométricos y caracterización colorimétrica, que son herramientas ventajosas para utilizarlas como sistemas de clasificación para la especie, ya que se ha determinado el tamaño y el color de las semillas más idóneas para obtener plántulas. En la evaluación de la calidad morfofisiológica de las simientes, se logró la interpretación de pruebas de viabilidad basados en patrones y detección de daños, por métodos destructivos y no destructivos. De los tratamientos pregerminativos considerados en esta investigación, el método de escarificado físico mediante la inmersión de las semillas por 15 minutos en agua a 100 °C, con enfriamiento en agua a temperatura ambiente, ha influido de manera directa en la mayoría de los parámetros analizados para promover la emergencia de las plántulas.

Palabras clave: Dormancia; Emergencia; Germinación; Semillas; Viabilidad.

ABSTRACT

Delonix regia is a species with a worldwide importance due to its multiple properties and applications. It has low the germination due seed characteristics like testa permeability and presence of phenolic inhibitors, which inhibits the necessary flow of water and oxygen to enhance the process. The objective of this study was to characterize the morphology and germination response of *D. regia* seeds subjected to different pre-germination treatments. Methodologically, a completely randomized experimental design with four replicates of 25 seeds each was applied. The treatments were: physical, mechanical and combined scarification. In this context, it was possible to establish the quality of seeds by indicating their biometric traits and colorimetric characterization, which are advantageous tools to be used as classification systems for the species, since the size and color of the most suitable seeds for obtaining seedlings have been determined. In the assessment of the morphophysiological quality of the seeds, the interpretation of viability tests based on patterns and damage detection, by destructive and non-destructive methods, was achieved. Of the pregerminative treatments considered in this research, the physical scarification method by immersing the seeds for 15 minutes in water at 100 °C, with cooling in water at room temperature, had a direct influence on most of the parameters analyzed to promote seedling emergence.

Keywords: Dormancy; Emergence; Germination; Seeds; Viability.

RESUMO

Delonix regia é uma espécie que adquiriu importância mundial devido a suas múltiplas propriedades e aplicações; mas apresenta deficiências na germinação de suas sementes; devido à variação no processo por suas características intrínsecas (problemas de permeabilidade do testa e presença de inibidores fenólicos), o que impede o fluxo necessário de água e oxigênio para desencadeá-lo. O objetivo deste estudo era caracterizar a morfologia e a resposta germinativa das sementes *D. regia* submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. Metodologicamente, foi aplicado um projeto experimental completamente aleatório com quatro réplicas de 25 sementes cada. Os tratamentos foram: físicos, mecânicos e combinados de escarificação. Neste contexto, foi possível estabelecer a qualidade das sementes indicando seus traços biométricos e



caracterização colorimétrica, que são ferramentas vantajosas para uso como sistemas de classificação das espécies, uma vez que o tamanho e a cor das sementes mais adequadas para a obtenção das mudas foram determinados. Na avaliação da qualidade morfofisiológica das sementes, foi feita a interpretação dos testes de viabilidade baseados em padrões e detecção de danos por métodos destrutivos e não-destrutivos. Dos tratamentos pré-germinativos considerados nesta pesquisa, o método de escarificação física por imersão das sementes durante 15 minutos em água a 100 °C, com resfriamento em água à temperatura ambiente, teve uma influência direta na maioria dos parâmetros analisados para promover o surgimento de mudas.

Palavras-chave: Dormência; Emergência; Germinação; Sementes; Viabilidade.

INTRODUCCIÓN

Delonix regia es una especie forestal originaria de la selva seca caducifolia de Madagascar, donde está en peligro de extinción (Du Puy *et al.*, 1995). Esta especie presenta diversos usos a nivel mundial, entre los que es importante resaltar: ornamental y como árbol de sombra en calles y espacios públicos; medicinales, ya que en su corteza se han identificado triterpeno lupeol y esterol beta-sitosterol aplicado para tratar el reuma. Sus flores contienen flavonoides camferol, 3-O-beta-genobiosido, 3-O-beta-glucósido de cianidina y quercetin, este último también presente en la semilla, se utilizan para problemas respiratorios como tos y asma bronquial. Además, de ser una rica fuente de antioxidantes naturales potencialmente útiles como los polifenoles y los flavonoides (Tapia *et al.*, 2014).

En los últimos años, se determinó que las características del aceite contenido en sus semillas muestran que puede ser potencialmente utilizado como materia prima para la producción de un combustible renovable como el biodiesel (Adejumo *et al.*, 2019).

Por lo anterior, *D. regia* es una especie que ha adquirido importancia mundial debido a sus propiedades. De esta manera, es relevante contar con un protocolo eficiente para la obtención de plantas, puesto que sus semillas necesitan tratamientos pregerminativos. Smith *et al.*, (2010) menciona que esta especie presenta una dormancia por cubierta de la semilla con embrión viable; este tipo está inducida por una o más capas impermeables al agua de las células de palizadas en la cubierta de la semilla o del fruto.

Por otra parte, la validación de las características biométricas de frutos y semillas de una determinada especie brinda información sobre la variabilidad de esas características entre individuos de un área establecida. Además, la clasificación de las semillas por tamaño para determinar la calidad fisiológica ha sido ampliamente utilizada en la reproducción de diferentes especies de plantas (Souto *et al.*, 2008).

El presente trabajo tiene como objetivo establecer un protocolo para determinar calidad de las semillas de *D. regia* mediante sus rasgos morfológicos y su respuesta germinativa evaluando diferentes tratamientos pregerminativos para promover la emergencia de las plántulas.



MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se trabajó con semillas obtenidas de frutos de *D. regia* (cosecha 2014-2015) emplazados en la ciudad de Corrientes, Argentina (27°29'0" latitud sur - 58°49'0" longitud oeste), de apariencia sana y que se encontraban espaciados a una distancia mayor a 50 m entre sí.

Rasgos biométricos en semillas

La caracterización biométrica se realizó sobre las semillas extraídas de 50 vainas cosechadas de diferentes árboles, siguiendo la metodología de [Espitia-Camacho et al. \(2018\)](#) que propone determinar el tamaño de las simientes a partir de mediciones de longitud y ancho, que se realizaron con un calibre de precisión de 0,1 mm. A partir de los datos obtenidos se calculó la relación longitud-ancho (L/A) y se complementó con el análisis de imágenes propuesto por [Verdugo et al., \(2007\)](#) con una resolución de 4 800 píxeles obtenidas por medio del escáner Hewlett Packard 7450 tipo "flat bed" para luego ser procesadas con el programa Photoshop 5.0.

Caracterización colorimétrica de las semillas

La caracterización de color y uniformidad de las semillas se estimó en una muestra de 100 semillas ([Pablo-Pérez et al., 2013](#)) comparándolas con la carta de colores Munsell para suelos para conocer su variabilidad.

Ensayos de viabilidad

Por métodos destructivos

Prueba topográfica por tetrazolio: cuatro repeticiones de 25 semillas que se acondicionaron realizando una imbibición durante 48 h. Para realizar la tinción, se utilizaron frascos de vidrio de 100 ml con tapa hermética, donde se colocaron las semillas totalmente sumergidas en la solución de Tetrazolio. Estos frascos se incubaron en estufa a 28°C y en oscuridad durante 24 h. Una vez concluida la tinción, las semillas se enjuagaron con abundante agua corriente y se realizaron observaciones individuales. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de semillas viables (semillas mayormente teñidas) y semillas no viables (embrión sin tinción).

Prueba del índigo carmín: se tomaron cuatro repeticiones de 25 semillas y se las sumergieron 18 h en agua destilada para reblandecer el tegumento. Posteriormente, se incubaron en la solución de índigo carmín durante tres h a temperatura ambiente. Se lavaron y se clasificaron en viables (blancos o con pocas manchas azules nunca localizadas en la radícula) y no viables (zona de la radícula totalmente teñida y/o embrión teñido).

Se adaptaron los patrones de tinción desarrollados por [Porger y Luna \(2018\)](#) para ambas técnicas, basados en las diferentes áreas de tinción de una semilla viable (el embrión, la radícula, primarios seminales y cotiledones) ya sea completa o parcialmente teñidas.



Por métodos no destructivos

Prueba de Rayos X: se tomaron cuatro repeticiones de 25 semillas cada una. Las semillas se pegaron a una placa de plástico autoadherible de polipropileno, la cual se colocó sobre una placa de acrílico transparente en la cámara de irradiación no digital (Faxitron X-Ray modelo MX-20; Specimen Radiography System®, Illinois, USA) y se sometió a exposiciones de 18 kV por 10 s. Posteriormente, las placas se revelaron en una impresora digital para rayos X (procesador Hope X Ray; Micro-Max modelo 319®).

Tratamientos pregerminativos para la promoción de la emergencia (escarificado físico, mecánico y combinado).

Los tratamientos pregerminativos aplicados a semillas de *D. regia* se detallan a continuación:

Escarificado físico:

1. Inmersión de las semillas en agua a 100 °C permitiendo que el agua se enfríe naturalmente por 24 h.
2. Inmersión de las semillas por 15 minutos en agua a 100 °C, con enfriamiento en agua a temperatura ambiente.
3. Inmersión de las semillas por 30 minutos en agua a 100 °C, con enfriamiento en agua a temperatura ambiente.
4. Inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiente por 24 h.

Escarificado mecánico:

1. Licuado en seco a baja velocidad por 15 segundos.
2. Licuado en seco a baja velocidad por 30 segundos.
3. Con papel de lija N° 80 hasta dejar expuestos los cotiledones.

Escarificado combinado o mixto:

1. Inmersión de las semillas en agua a 100 °C por 24 horas permitiendo que el agua se enfríe naturalmente seguido de un corte al tegumento seminal con bisturí.

Siembra:

El sustrato empleado fue arena esterilizada contenida en bandejas plásticas rectangulares de 43 x 37 x 17 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente. La profundidad de siembra fue de aproximadamente 0,5 cm. Las bandejas se mantuvieron en cámara de incubación en condiciones de luz (radiación PAR, 160 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; fotoperíodo, 14 horas) y temperatura ($27\pm 2^\circ\text{C}$) controlada.



Parámetros evaluados:

Se determinó el porcentaje de emergencia total (% E), tiempo para iniciar la emergencia (TI), tiempo para alcanzar el 50 % de la emergencia total (TE 50) y lapso entre la ocurrencia del 10 y 90 % de la emergencia total (TE 10-90), todos con base en los valores promedios.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas cada uno. La emergencia o germinación se consideró como el surgimiento y desarrollo de la plántula a una etapa en la que el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no es capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria en condiciones favorables en el campo. Los conteos se realizaron cada dos días luego de iniciado el proceso de emergencia y se mantuvieron hasta que los valores permanecieron constantes por 10 diez días.

Los datos fueron transformados ($y = \log_e x$) y analizados estadísticamente con el software Infostat. Se realizó el análisis de la varianza comparando las medias de las medidas morfométricas de las semillas de diferentes vainas ($n=50$) a través de la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$). Para la variable color, se analizó la distribución de frecuencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rasgos biométricos en semillas

En la caracterización morfométrica de las semillas analizadas; se contabilizaron en promedio 25,5 semillas por vaina. El lote de semillas sometidas a la caracterización biométrica demostró un 85,51 % de ejemplares con estado sanitario sano o sin daño. Mientras que las variables ancho y relación longitud/ancho no presentaron diferencias entre vainas, si resultó estadísticamente diferente la variable longitud (Tabla 1). Con base a la alta heterogeneidad en la respuesta germinativa y la efectividad del escarificado mecánico publicadas por [Quiroz Marchant y colaboradores \(2009\)](#), se optó por practicar el tratamiento siete, como control, sobre un lote de semillas clasificadas por tamaño (tomando como referencia la longitud en mm) en: grandes- 20 mm; medianas- 15-20 mm y chicas- ≤ 15 mm (Tabla 1).



Tabla 1. - Caracterización morfométrica y porcentaje de germinación de semillas de *D. regia* clasificadas por tamaño y sometidas a escarificado mecánico (tratamiento siete-control)

Nº de semillas/ vaina	Estado sanitario (%)		Longitud promedio (L) mm	Ancho (A) mm	L/A
	Con daño	Sin daño			
			18,67±1,01*	5,93±0,63	3,16±0,26
	14,48±9,82	85,51±9,82			
25,5±4,87	Categorías (%)				
			grandes	medianas	chicas
			10,60±1,14	79±0,83	10,40±0,89
% de germinación			16±1,01	38±0,74	14±0,8

Los valores expresan el promedio de cuatro réplicas de 25 semillas ± SD (n= 100). *El ANOVA determinó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,004$) para la variable Longitud.

Analizando los porcentajes de germinación de las semillas según su clasificación por tamaño; se puede observar que las semillas medianas (15-20 mm) expresaron una mayor respuesta al tratamiento pregerminativo recomendada para la especie (Tabla 1).

Si bien no se han encontrado antecedentes al respecto en la especie en estudio, existen para otras especies forestales donde la morfometría de semillas resulta una herramienta útil para su clasificación (Fontana *et al.*, 2015). En este caso, el conocimiento de la biometría o tamaño de las semillas más idónea para la obtención de plantas (semillas medianas de 15-20 mm), es un dato útil ya sea para la selección de tamices, máquinas para eliminación de testa, para su siembra y comercialización. Cualquiera de las alternativas utilizadas en este estudio para determinar los rasgos biométricos en semillas (medición con calibre o por análisis de imágenes) son útiles, la diferencia radica en el tiempo que requiere cada uno. El análisis de imágenes permite recoger datos de manera mecánica y cuantificar algunas de sus variables de forma ágil, pero requiere de equipos específicos; por otra parte, el uso de calibres que disponen de una pantalla digital donde se refleja la medición exacta implica una tarea más laboriosa, destinándose por tanto la técnica para trabajos de alta precisión.

El análisis de imagen ha sido utilizado por numerosos investigadores, como instrumento para la descripción morfológica de semillas centrado en aspectos biométricos como longitud, ancho, área y forma (Espitia-Camacho *et al.*, 2018).

Sin duda, la caracterización morfométrica de las semillas ofrece una herramienta interesante para la determinación de calidad y/u homogenización de lotes. Aún en el contexto agronómico, la caracterización biométrica de las semillas, considerando particularmente su tamaño, constituye una evaluación de su aptitud fisiológica ya que, en un mismo lote, las semillas pequeñas pueden presentar menor tasa germinativa y vigor en comparación a las que poseen tamaño medio o grande (Biruel *et al.*, 2010).



Caracterización colorimétrica de las semillas

Tabla 2. - Caracterización colorimétrica de las semillas con la carta de colores Munsell para suelos para conocer su variabilidad

Color	% de semillas
 10 YR 3/6 marrón amarillento oscuro	21,86 ± 0,24
 10YR 4/6 marrón amarillento oscuro	21,13 ± 0,27
 10YR 5/6 marrón amarillento	14,72 ± 0,18
 10YR 5/8 marrón amarillento	4,41 ± 0,66
 10YR 6/6 amarillo amarronado	26,96 ± 0,37
 7,5YR 3/4 marrón oscuro	8,46 ± 0,11
 7,5YR 4/4 marrón	0,50 ± 0,07
 7,5YR 4/6 marrón fuerte	0
 7,5YR 5/4 marrón	0
 7,5YR 5/6 marrón fuerte	0
 7,5YR 5/8 marrón fuerte	1 ± 0,1
 2,5Y 5/4 marrón oliva claro	1 ± 0,1
 2,5Y 5/6 marrón oliva claro	0
 2,5Y 6/8 amarillo oliva	0

Respecto del análisis de color y uniformidad de la cubierta seminal, el 26,96 % de las semillas categorizó para el tono amarillo amarronado (10YR valor 6, intensidad o saturación 6); el 21,86 % para marrón amarillento oscuro (10YR valor 3, intensidad o saturación 6) variando ambos solo por el valor no en tono ni saturación; el 21,13 % para marrón amarillento oscuro (10YR valor 4, intensidad o saturación 6) y el 14,72 % para marrón amarillento (10YR valor 5, intensidad o saturación 6) (Tabla 2).

Existe el antecedente de una clasificación colorimétrica en semillas de *D. regia* donde se describen de un color café claro y en su mayoría homogéneas (Fontana *et al.*, 2015), empleando la carta de colores de la Royal Horticultural Society Color Chart.

En el presente estudio, si bien se utilizó otra fuente de caracterización colorimétrica como es la carta de colores de Munsell, se ha logrado categorizar a la mayoría de las semillas en un tono amarillo amarronado y marrón amarillento oscuro; lo que hace posible elegir muestras homogéneas.



La caracterización colorimétrica para la clasificación de semillas forestales, ha sido registrado para distintas especies de *Prosopis* (Fontana *et al.*, 2015) sobre todo la carta de colores de Munsell; mientras que la utilización de carta de colores de la Royal Horticultural Society Color Chart es más utilizada para clasificar distintos órganos (flores, pedúnculos florales, epidermis, pulpa de frutos, etc.) (Bologna, 2018).

Pruebas de viabilidad: ensayos de viabilidad por métodos destructivos y no destructivos

Con la información obtenida a partir del patrón desarrollado, se logró determinar el porcentaje de viabilidad de las semillas estudiadas, para ambas técnicas. Ello permitió reducir su tiempo de realización obteniendo los resultados de manera más rápida en comparación con las pruebas de germinación, las cuales requieren en la mayoría de los casos, de un periodo largo de tiempo para obtener resultados similares.

En referencia al patrón adaptado para las semillas de *D. regia* por Porger y Luna (2018), se determinaron los porcentajes de viabilidad para ambos métodos destructivos. Con la prueba de tetrazolio se identificó un 73,49 % de semillas viables (Figura 1 y Tabla 3).

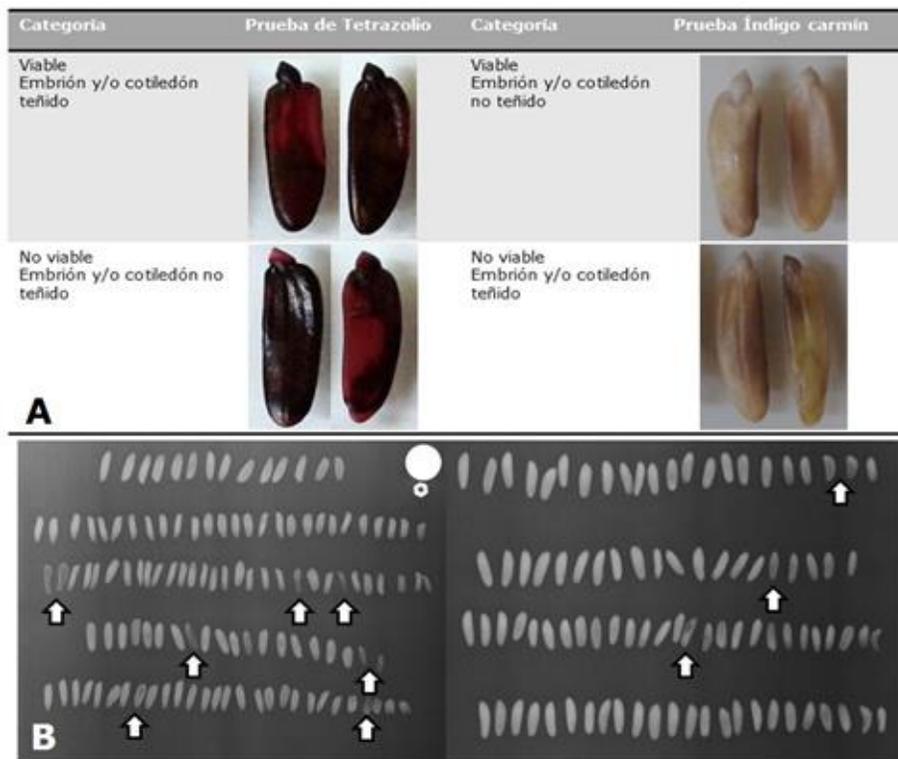


Figura 1. - Métodos destructivos (A) y no destructivo (B) para determinación de viabilidad.

Referencias: las flechas indican semillas no viables en la placa radiográfica



Tabla 3. - Porcentaje de viabilidad de semillas de *D. regia* por métodos destructivos: prueba del índigo carmín (IC) y prueba topográfica por tetrazolio (TZ) según patrón de referencia adaptado de [Porger y Luna \(2018\)](#); y no destructivo: placas radiográficas (RX). Los valores expresan el promedio de cuatro réplicas de 25 semillas \pm SD (n= 100)

Métodos		Viables (%)	No viables (%)
No destructivos	RX	86,16 \pm 5,93	13,81 \pm 2,15
Destructivos	TZ	73,49 \pm 1,60	26,50 \pm 1,37
	IC	51,21 \pm 0,83	48,78 \pm 1,73

La prueba de Tetrazolio y la prueba de viabilidad con índigo carmín, han sido utilizadas de forma exitosa para otra Fabaceae (*Enterolobium contortisiliquum*) según lo informado por [Porger y Luna, \(2018\)](#), quien además concluye que la primera es una prueba rápida de tinción que requiere de poco tiempo y pocos recursos y permite obtener valores de viabilidad tan confiables como las pruebas de germinación directa; mientras que la segunda, a pesar de ser un sistema bastante utilizado, debido a la facilidad para considerar los daños por la tinción de las zonas muertas, aún no es aceptada por International Seed Testing Association-ISTA ([Álvarez et al., 2020](#)).

Teniendo estas pruebas una fuerte carga de subjetividad en la interpretación de los resultados, basada principalmente en la experiencia del analizador. Esto puede deberse a la falta de tonalidad o errores en la manipulación, siendo dificultoso interpretar la importancia de zonas que pueden ser básicas para el desarrollo del embrión y posterior germinación de las semillas. Esta duda es menos frecuente en el caso del índigo ya que la tinción de las zonas muertas define claramente cómo se encuentra la semilla ([Prieto et al., 2011](#)).

Los estudios para la detección de daño en esta muestra de semillas permitieron constatar la existencia de un elevado porcentaje semillas sin daño (viables) con la técnica de rayos X: 86,16% (Figura 1; Tabla 3) y con la técnica de Índigo carmín (51,21 %), que define claramente los daños en las semillas (Tabla 3).

Con la utilización de la técnica de rayos X ha sido posible constatar la existencia de un elevado porcentaje semillas sin daño en el lote estudiado, las que fueron consideradas como viables. La técnica permite una rápida interpretación de algunos atributos de la calidad de semillas como lo es el vigor, además de posibilitar el diagnóstico de la existencia de daños físicos de distinta naturaleza y grado de integridad de las diferentes estructuras embrionarias.

Mediante la observación de imágenes radiográficas es posible identificar malformaciones del embrión o de los tejidos nutritivos que pueden afectar la viabilidad de las semillas; se puede observar el ataque de insectos permitiendo conocer el grado de infestación oculta e identificar insectos que atacan a diferentes especies forestales. Asimismo, como las semillas de especies forestales se comercializan por peso, y debido a su alto costo,



es importante la determinación del porcentaje de semillas llenas y/o sanas a fin de que el usuario conozca la cantidad que debe comprar. Este método ha sido previamente aceptado por ISTA como por la Asociación Oficial de Analistas de Semillas que cuentan con manuales de la técnica para distintas especies, y la proponen como una alternativa válida al ensayo de corte para detectar las semillas vacías y/o dañadas por insectos (Salinas *et al.*, 2016).

En la Tabla 4, se presenta la evaluación de la clasificación final de las semillas con la matriz de confusión. Los resultados obtenidos muestran que la coincidencia en ambas técnicas que detectan tejido muerto es del 71,68 % en semillas con daños, lo que es considerado como satisfactorio ya que la importancia de esta categorización radica en la aceptación de semillas deterioradas de forma concluyente y rápida, contando con una técnica no destructiva.

Tabla 4. - Evaluación de la clasificación final del sistema de determinación de viabilidad/daño por método destructivo/no destructivo en semillas de *D. regia* (Viabiles/No viabiles), por matriz de confusión

Clasificación IC		Clasificación RX		Coincidencia (%)
		Viabiles	No viabiles	
Viabiles	51,21	86,16	34,95	68,26
No viabiles	48,78	13,81	34,97	71,68

Ensayos de tratamientos pregerminativos para la promoción de la emergencia

En la tabla 4, se observan los resultados de los distintos tratamientos pregerminativos para la promoción de la emergencia de las semillas de *D. regia*. Sobre el porcentaje final (% E) el escarificado físico aplicado con el tratamiento dos es el que presentó los mayores valores de emergencia alcanzando un 95 %, mientras que, entre los tratamientos de escarificado mecánico, el que mejor resultó fue el licuado a baja velocidad por 30 segundos (tratamiento seis) que registró un 62 % de emergencia. Los diferentes tratamientos de escarificación ensayados también afectaron la velocidad del proceso de emergencia (Tabla 5): el inicio de la emergencia (TI) se vio favorecido por el tratamiento siete iniciando el proceso a los 8 días y, en cuanto al tiempo requerido para alcanzar el 50 % de la emergencia total (E50), el tratamiento dos fue el más favorecedor (12,33 días), en coincidencia con el mayor porcentaje de emergencia total. El único de todos los tratamientos pregerminativos aplicados que aceleró el lapso entre la ocurrencia del 10 y 90 % de la emergencia de las plántulas (E10-90) fue el tratamiento dos con 12 días.



Tabla 5. - Promoción de la emergencia de semillas de *D. regia*

Escarificado	Tratamiento	(% E)	TI (días)	TE 50% (días)	TE 10-90 (días)
físico	1	25±1 c	11±1 c	-	-
	2	95±2 f	12,67±1,53 c	12,33±1,15 b	12±1 a
	3	62±2 e	18,67±1,53 d	19,67±0,58 d	-
	4	-	-	-	-
mecánico	5	56±1 d	17,33±0,58 d	18±1 c	-
	6	63±1 e	11±1 c	-	-
	7	7±1 b	8±1 b	-	-
combinado	8	6,67±15 b	12±1 c	-	-

Porcentaje de emergencia total (% E), tiempo para iniciar la emergencia (TI), tiempo para alcanzar el 50 % de la emergencia total (TE 50) y lapso entre la ocurrencia del 10 y 90 % de la emergencia total (TE 10-90).

Los hallazgos de este ensayo demuestran que el método de escarificado físico mediante la inmersión de las semillas por 15 minutos en agua a 100 °C, con enfriamiento en agua a temperatura ambiente, influye de manera directa en el porcentaje final de emergencia y tiempo para alcanzar el 50 % de la emergencia total, además de acelerar el lapso entre la ocurrencia del 10 y 90 % de la emergencia de las plántulas.

Las semillas de *D. regia* presentan un estado de latencia debido a la dureza de sus tegumentos; para aumentar el porcentaje de germinación es necesario romperla usando métodos de escarificación (Tapia *et al.*, 2014). Este tipo de latencia es frecuente en las especies de Fabaceae, Rolston (1978) reportó que, de 260 especies evaluadas de esta familia, aproximadamente el 85 % presentaban semillas con tegumentos total o parcialmente impermeables, que le confieren latencia o dormancia, señalando además que se debe a la presencia de un estrato de células epidérmicas tegumentarias en forma de empalizada asociadas a una capa cuticular cerosa.

El empleo del escarificado físico, como la exposición al agua caliente, ha resultado ser efectivo para romper la latencia en varias especies y aunque requiere de cuidados especiales, es económico, fácil y seguro de aplicar. El choque de calor en las semillas puede ser más efectivo que la escarificación mecánica para algunas especies, pero los óptimos de temperatura y tiempo de remojo son dependientes de la especie y al no determinarlos pueden tener resultados adversos (Piroli *et al.*, 2005).

Si bien Tapia *et al.* (2014) han presentado un protocolo de escarificado para *D. regia* que incluye H₂SO₄ 98 % con el cual se logró un 60 % de emergencia, con el lijado de las semillas se aumentó a 75 % la germinación. En el presente trabajo se han mejorado dichos parámetros sin necesidad de recurrir al escarificado químico, aunque ha sido efectivo para mejorar la germinación de innumerables especies (Piroli *et al.*, 2005). La escarificación mecánica se ha utilizado mediante la fricción de la semilla con papel lija o corte de la testa con ayuda de navaja en distintas especies de leguminosas (Quiroz Marchant *et al.*, 2009). Ataíde *et al.*, (2013) obtuvo con un escarificado combinado un



71 % de germinación acumulado, agilizando la emergencia desde el 6° hasta el 16° día; en este ensayo se logró optimizar el porcentaje de emergencia en el mismo tiempo promedio, pero con distinto tratamiento pregerminativo.

CONCLUSIONES

Se logró caracterizar la morfología de semillas de *D. regia*, mediante rasgos biométricos y clasificación colorimétrica. En cuanto a la respuesta germinativa de las simientes sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos, resultó más efectivo el método de escarificado físico mediante la inmersión de las semillas por 15 minutos en agua a 100 °C, con enfriamiento en agua a temperatura ambiente (dos).

AGRADECIMIENTOS

Al PI: 20A006 aprobado por Resol. Res. N° 454/20 (C.S. UNNE). Título: "Desarrollo de biotécnicas aplicables a especies leñosas y forestales de interés regional enfocado en el uso sostenible de la biodiversidad". Entidad financiadora: SGCyT (UNNE).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEJUMO, B., AGBOOLA, J., ORHEVBA, B., OBASA, P., Y SIMEON, M. 2019. Extraction and characterisation of oil from *Delonix regia* seeds. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) 9 (7), 40-43. Disponible en: <http://repository.futminna.edu.ng:8080/jspui/handle/123456789/4854>
- ÁLVAREZ, O., PÉREZ-REYES, C. M. Y BONILLA, M. 2020. Evaluación de la viabilidad en semillas de *Pinus* tropicales Morelet con diferente tiempo de almacenamiento. Avances, 22(1), 97-109. Disponible: <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/512>
- ATAÍDE, G., BICALHO, E., CUNHA FERNANDES DOS SANTOS, D., CASTRO, V., ALVARENGA, R., Y MANTOVANI, E. 2013. Superação da dormência das sementes de *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. Revista Árvore 37(6), 1145-1152. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000600016>
- BIRUEL, R., PAULA, R., Y AGUIAR, I. 2010. Germinação de sementes de *Caesalpinia leiostachya* (benth.) ducke (pau-ferro) classificadas pelo tamanho e pela forma. Revista Árvore 34(2), 197-204. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000200001>
- BOLOGNA, P. 2018. Nuevos cultivares de *Glandularia* obtenidos en Argentina. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 44(2), 136-139. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/864/86457304014/html/>



- DU PUY, D.J., PHILLIPSON, P.B. Y RABEVOHITRA, R. 1995. The genus *Delonix* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Caesalpinieae) in Madagascar. Kew Bulletin 50: 445-475. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/4110322>
- ESPITIA-CAMACHO, M., ARAMÉNDIZ-TATIS, H., Y CARDONA-AYALA, C. 2018. Parámetros genéticos de las características biométricas del fruto y semillas en *Pachira aquatica* Aubl. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(1), 33-42. Disponible en: <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.660>
- FONTANA, M., PÉREZ, V., Y LUNA, C. 2015. Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de semillas de *Prosopis alba*. Multequina, 24, 33-45. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317532497_Influencia_de_la_procedencia_geografica_sobre_los_parametros_morfometricos_de_semillas_de_Prosopis_alba
- PABLO-PÉREZ, M., LAGUNES-ESPINOZA, L., LÓPEZ-UPTON, J., RAMOS-JUÁREZ, J., Y ARANDA-IBÁÑEZ, E. 2013. Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. Bioagro 25(2), 101-108. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000200003
- PIROLI, E., CASTILLO, C., VIEIRA, M., Y UDENAL, J. 2005. Germinacao de sementes de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng) Tamb. tratadas para superacto da dormencia. Colloquium Agrariae 1(1), 13-18. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-473624>
- PORGER, R. Y LUNA, C. 2018. Promoción de la emergencia de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. Foresta Veracruzana 20(1):23-30. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/497/49757295005/>
- PRIETO MÉNDEZ, J., PRIETO GARCÍA, F., HERNÁNDEZ CERVANTES, N., DOMÍNGUEZ SOTO, J., Y ROMÁN GUTIÉRREZ, A. 2011. Métodos comparativos del poder germinativo en *Hordeum distichon* L. calidad maltera. Multiciencias 11(2), 121-118. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/multiciencias/articulo/metodos-comparativos-del-poder-germinativo-en-hordeum-distichon-l-calidad-maltera>
- QUIROZ MARCHANT, I., GARCÍA RIVAS, E., GONZALES ORTEGA, M., CHUNG GUINPO, P., y DOTO GUEVARA, H. 2009. Vivero Forestal: Producción de Plantas Nativas a Raíz Cubiertas. CENTRO TECNOLÓGICO DE LA PLANTA FORESTAL. INFOR Sede Bío-Bío. CONCEPCIÓN. Chile. 128 p. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17366>
- ROLSTON, M. 1978. Water impermeable seed dormancy. The Botanical Review 44, 365-396. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02957854?noAccess=true>
- SALINAS, A., ARANGO PEREARNAU, M., GALLO, C., ALZUGARAY, C., CARNEVALE, N., GIBBONS, R., Y CRAVIOTTO, R. 2016. Manual de rayos X aplicado a la calidad de semillas. Buenos Aires: Edic. INTA. 85 p. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_de_rayos_x_v3.pdf



- SMITH, M., WANG, B. y MSANGA, H. 2010. Dormancia y germinación. En J.A. Vozzo (Ed.), Manual de semillas de árboles tropicales (p.168). Missouri: USDA-Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Disponible en: <https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles-tropicales>
- SOUTO, P., SALES, F., SOUTO, J., SANTOS, R., Y SOUSA, A. 2008. Biometría de frutos e número de semillas de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. no semiárido da Paraíba. Revista Verde 3, 108-113. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277988468_BIOMETRIA_DE_FRUTOS_E_NUMERO_DE_SEMENTES_DE_Calotropis_procera_Ait_R_Br_NO_SEMI-ARIDO_DA_PARAIBA
- TAPIA, A., ROMERO, A., LUQUE, V., GERVASONI, P., AYBAR, S., LOBO FURQUE, A., Y GOMEZ, I. 2014. Determinación de la viabilidad y aplicación de distintas técnicas de escarificación en semillas de *Enterolobium contortisiliquum*. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 34(2), 52-53.
- VERDUGO, G., MARCHANT, J., CISTERNAS, M., CALDERÓN, X., Y PEÑALOZA, P. 2007. Caracterización morfológica de la germinación de *Chloraea crispa* Lindl. (Orchidaceae) usando análisis de imágenes. Gayana Botánica 64(2), 232-238. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432007000200008>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de la autoría:

Claudia Verónica Luna: Diseño, toma de datos, análisis de datos, conceptualización, escritura, borrador original, adquisición de recursos, logística, administrador del proyecto, supervisión, escritura, revisión y edición.

María Laura Fontana: Análisis de datos, revisión y edición.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) Claudia Verónica Luna, María Laura Fontana

