

EFFECTO DE HORMONAS VEGETALES EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CAÑAFÍSTULA (*CASSIA MOSCHATA KUNTH*)

EFFECT OF VEGETABLE HORMONES ON THE SEED GERMINATION OF CAÑAFÍSTULA (*CASSIA MOSCHATA KUNTH*)

Vale-Montilla, Cesar

Universidad de Los Andes (ULA), Trujillo, Venezuela.

Resumen

Entre plantas forrajeras, *Cassia moschata* Kunth. (cañafístula) tiene alto potencial para alimentación animal. Durante la sequía, sus frutos y hojas representan una fuente de alimento para fauna silvestre y ruminantes. El objetivo de este trabajo fue evaluar tiempos de imbibición de semillas de cañafístula, en distintas concentraciones de auxinas y giberelinas, constituyentes del producto Giber Grop®. Giber Grop® tiene como principio activo ácido alfa-naftalenacético 17,2 y giberelina (GA3) 10% (p/p). El experimento fue realizado en bandejas para germinación, evaluado mediante un diseño completamente aleatorizado, cinco tratamientos y cuatro repeticiones de veinte semillas (20) cada una. Los tratamientos consistieron de inmersión de semillas en solo agua durante 24 horas (testigo, 0 mg/L), inmersión en Giber Grop® durante 24 horas (200 mg/L, 400 mg/L y 600 mg/L) e inmersión en Giber Grop® durante 12 horas (600 mg/L). La germinación se evaluó durante 30 días y se analizó en SAS 9.1® mediante prueba no paramétrica con análisis de dos vías (días después de la siembra y tratamientos) para porcentaje de germinación, valor de germinación y tiempo medio de germinación. El inicio de la germinación estuvo entre 5 – 7 días. Ninguno de los tratamientos alcanzo el 50 % de germinación. Los tratamientos con Giber Grop® a 400 mg/L e inmersión solo en agua, lograron los mayores porcentajes de germinación promedio (45,0 – 43,8 %) y mayor valor de germinación (25,17 – 26,03). Los tratamientos de Giber Grop® a 600 mg/L (24 y 12 horas) incidieron favorablemente en el tiempo medio de germinación, con 12,96 y 14,16 días, respectivamente.

Palabras clave: Giberelinas, auxinas, escarificación, germinación.

Abstrac

Among forage plants, *C. moschata* Kunth (cañafístula) has high potential for animal feed. During the drought, its fruits and leaves represent a source of food for wildlife and ruminants. The objective of this work was to evaluate times of imbibition of seeds of cañafístula, in different concentrations of auxins and gibberellins, constituents of the Giber Grop® product. Giber Grop® has as its active ingredient alpha-naphthalene acetic acid 17,2 and gibberellin (GA3) 10% (w / w). The experiment was carried out in trays for germination, evaluated by a completely randomized design, five treatments and four repetitions of twenty seeds (20) each. The treatments consisted of immersion of seeds in only water for 24 hours (control, 0 mg / L), immersion in Giber Grop® for 24 hours (200 mg / L, 400 mg / L and 600 mg / L) and immersion in Giber Grop® for 12 hours (600 mg / L). Germination was evaluated for 30 days and analyzed in SAS 9.1® by non-parametric test with two-way analysis (days after sowing and treatments) for germination percentage, germination value and mean germination time. The onset of germination was between 5 - 7 days. None of the treatments reached 50% germination. The treatments with Giber Grop® at 400 mg / L and immersion only in water, achieved the highest percentages of average germination (45.0 - 43.8%) and higher value of germination (25.17 - 26.03). The treatments of GiberGrop® at 600 mg / L (24 and 12 hours) favorably affected the mean germination time, with 12.96 and 14.16 days, respectively.

Key words: Gibberellins, auxins, scarification, germination.

Recibido: 28-09-2018 / **Aprobado:** 23/09/2019

*Ingeniero Forestal de la Universidad de Los Andes, Magíster en Entomología de la Universidad Central de Venezuela, Profesor de la Universidad de Los Andes. E-mail: cvale@ula.ve - cesarva2003@gmail.com

Introducción

El género *Cassia* (Fabaceae, Caesalpinoideae), está conformado fundamentalmente por arbustos, árboles o hierbas, algunas veces trepadoras. Con alrededor de 500 especies propias de regiones tropicales. Está representado en Venezuela por muchas especies, ampliamente distribuidas en el país. Son plantas maderables, forrajeras y ornamentales (Aristeguieta, 1973). La especie *Cassia moschata* Kunth, es originaria de Centroamérica hasta las Guayanas, incluyendo Las Antillas, y en Venezuela es característica de los Llanos. Se reproduce por semilla, presentando crecimiento lento y requiere de un clima cálido. Es un árbol de 10 – 20 m de alto (Hoyos, 1979).

Entre plantas forrajeras, *C. moschata* (cañafístula) tiene un alto potencial para uso en alimentación animal. A pesar de ello, existe poca información bibliográfica sobre su uso y comportamiento agronómico. Su mayor importancia radica en que sus frutos y hojas suplen la escasez de gramíneas durante la sequía, representando una fuente de alimento importante para la fauna silvestre y rumiantes. La adición de sus hojas aumenta el contenido de fibra y de proteína en el silaje (Zambrano y Guerra, 2003).

También se considera una especie de importancia ecológica, ya que además de inducir cambios en el suelo debido al suministro de nitrógeno, fijan nitrógeno atmosférico a través de la asociación con bacterias de los géneros *Rhizobium* y los hongos *Glomeromycota*, formando micorrizas arbusculares que permiten una mejor nutrición fosforada (Vargas et al., 2014).

La forma de propagación de muchas especies vegetales es por semilla; sin embargo, algunas consideradas viables para germinar, son incapaces de

germinar por latencia de sus semillas, lo cual resulta poco ventajoso cuando se pretende cultivarlas (Fuentes, Rodríguez y Rodríguez, 1996 a, 1996 b). Esta característica reduce la tasa de germinación y la emergencia de plántulas en condiciones de vivero, incrementándose los costos debido a la necesidad de utilizar una mayor cantidad de semilla y recurrir a la resiembra (López et al., 2010). Por esta razón, se recurre a tratamientos de escarificación haciéndolas permeables para permitir la imbibición y el intercambio gaseoso (Sobrevilla et al., 2013).

Las giberelinas están implicadas directamente en el control y promoción de la germinación de las semillas; el ácido giberélico (AG3) puede romper la latencia de las semillas y remplazar la necesidad de estímulos ambientales. Ellas se acumulan en los embriones después de 24 horas de imbibición, estimulando la síntesis de enzimas hidrolíticas, principalmente α -amilasa, en la capa de aleurona. Las amilasas degradan el almidón y los productos de la digestión almacenados en la aleurona y el endospermo almidonoso, y luego son movilizados al escutelo para iniciar el crecimiento de las plántulas (Azcón y Talón, 2013; Davies, 2004; Salisbury y Ross 1994).

Uno de los métodos utilizados para romper la latencia de semillas de cañafístula consiste en hacer un corte en el extremo contrario del embrión y luego colocarlas en agua durante 24 horas antes de proceder a la siembra (Torres et al., 2011). Es un método no práctico, sobre todo si se toma en consideración abundante número de semillas. Otro método de escarificación de semillas de cañafístula consiste en someterlas a inmersión en ácido sulfúrico (Sanabria et al., 2004). Se requiere la utilización de otros métodos que permitan agilizar este proceso.

Cesar Vale Montilla

Efecto de hormonas vegetales en la germinación de semillas de cañafístula (págs. 35-50)

Cassia Moschat Kunth

En lo que compete a la presente investigación, no existen estudios que relacionen la germinación de semillas de cañafistula con hormonas vegetales. Sin embargo, para otras especies existe literatura relacionada. Una de ellas se basa en utilizar semillas de caoba (*Swietenia macrophylla King*), con inmersión en ácido giberélico en concentración de 3 ppm durante 24 horas; los resultados muestran un 92% de germinación y de acuerdo al índice de velocidad, el ácido giberélico y el peróxido de hidrógeno aceleran el proceso germinativo en 21,02 y 22,28 días en promedio y el testigo en 26,07 días (Acosta et al., 2012). En *Myrceugenia exsucca*, se evaluó viabilidad y tratamientos pregerminativos en sus semillas a través de ensayos de germinación en condiciones de laboratorio.

Las semillas fueron tratadas con: inmersión en agua destilada por 24 h; inmersión en ácido giberélico, 250 mg/L por 12 y 24 h y estratificación fría a 5 °C por 15 días. Estos tratamientos incrementaron la germinación de las semillas, siendo el remojo de las semillas en agua destilada por 24 h el que más favorece la emergencia de la radícula (Latsague, Sáez y Coronado, 2010). En *Cordia elaeagnoides* A. DC., la selección de semilla con embriones sanos es importante para asegurar un porcentaje alto de germinación, la cual se favorece, preferentemente, con períodos de inmersión de la semilla en ácido giberélico (AG3) por 24 h (Santacruz et al., 2014).

Por lo señalado anteriormente, el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes tiempos de imbibición de semillas de cañafistula (*C. moschata*), en distintas concentraciones de hormonas vegetales (auxinas y giberelinas), constituyentes del producto Giber Grop® con el fin de romper la latencia física de esta leguminosa y determinar su efecto en la germinación

en condiciones de vivero. Con ello se espera determinar la eficiencia de los tratamientos al momento de implementarlos en la producción de plantas y contribuir a la mejora de sus procesos.

Materiales y métodos:

Material vegetal:

Se utilizaron semillas extraídas de frutos colectados de árboles plantados en los jardines de la Villa Universitaria del Núcleo Rafael Rangel, Universidad de Los Andes, municipio Pampanito, parroquia la Concepción, estado Trujillo, Venezuela, que se encuentra a 392,49 msnm. Para lo cual fue necesario utilizar un descopador. Las vainas o legumbres se colocaron al aire libre para culminar su secado y liberación de semillas, las cuales se almacenaron en envase de plástico a temperatura ambiente y protegidas de la luz hasta el establecimiento del ensayo (2 – 3 meses). La siembra de semillas se hizo en bandejas para germinación, con tierra de textura franco arenosa y fueron mantenidas bajo condiciones a la sombra (sin luz solar directa).

Pregerminativos:

Antes de la siembra en las bandejas, las semillas se sometieron a diferentes tratamientos de inmersión. Las hormonas sintéticas utilizadas fueron a base del producto comercial soluble en agua Giber Grop®, el cual contiene auxinas y giberelinas (Ácido alfa-naftalenacético 17,2% y Giberelina (GA3) 10%).

Los tratamientos a evaluar fueron:

T1: Inmersión de semillas en solo agua (testigo, 0 mg/L) durante 24 horas;

T2: Inmersión de semillas en Giber Grop® a 200 mg/L durante 24 horas;

T3: Inmersión de semillas en Giber Grop® a 400 mg/L durante 24 horas;

T4: Inmersión de semillas en Giber Grop® a 600 mg/L durante 24 horas;

T5: Inmersión de semillas en Giber Grop® a 600 mg/L durante 12 horas;

El experimento fue evaluado mediante un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, cada una contentiva de veinte semillas (20), para ochenta (80) semillas por tratamiento y un total de cuatrocientas (400) semillas, sembradas a una profundidad de 0,5 cm.

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

En un envase plástico limpio, se colocó la cantidad de agua suficiente para cubrir las 80 semillas de cada tratamiento. Luego se agregaron las hormonas del tratamiento correspondiente y en cada uno de ellos se colocaron las semillas cubiertas completamente por la solución. Posterior al remojo, se extendieron las semillas en un lugar sombreado y se dejaron secar durante 30 minutos, antes de la siembra. Luego de la siembra, el primer riego se hizo con una solución del

fungicida Orthocide 50 - Penco (50 gramos de producto comercial en 10 litros de agua). Las bandejas para germinación se mantuvieron a la sombra durante la evaluación del experimento. Mientras las semillas estuvieron en germinación, los riegos con agua se continuaron 2 veces por día.

Variables evaluadas durante la germinación:

Para el procesamiento de los datos se utilizó la metodología propuesta por la FAO (1991). Con un registro diario de semillas germinadas por tratamiento, consistente en el conteo de las plántulas emergidas durante 30 días después de la siembra (DDS). Para efectos prácticos, se consideró que una semilla había germinado al emerger el talluelo de la plántula. La germinación de la primera semilla marca el tiempo T0, equivalente al número de días transcurridos entre el momento de la siembra y el comienzo de la germinación y T50, tiempo transcurrido desde la siembra hasta que se alcanza el 50% de germinación (Rossini et al. 2006).

Con estas observaciones se realizaron las determinaciones del número de semillas germinadas acumuladas por tratamiento y los siguientes indicadores indirectos de vigor:

- 1) Porcentaje de germinación (G %): Referido como porcentaje de germinación diario y acumulado para cada tratamiento, calculado mediante la fórmula:

$$G(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas diariamente}}{N^{\circ} \text{ de semillas puestas a germinar}} \times 100$$

2) Capacidad germinativa (CG): Se refiere a porcentaje de germinación por tratamiento acumulado al final del ensayo. Se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Capacidad germinativa (CG \%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas al final del ensayo}}{\text{N}^\circ \text{ de semillas puestas a germinar}} \times 100$$

3) Valor de germinación (VG):

El valor de la germinación es un valor numérico dado a la germinación que ocurre dentro de un periodo de energía. Se calculó, para cada tratamiento, a través del método de Djavanshir y Pourbeik (1976). La fórmula propuesta por estos autores es la siguiente:

$$VG = \left(\left(\frac{\sum VGD}{N} \right) \times \left(\frac{PG}{100} \right) \right) \times 10$$

Donde:

VG: Valor de la germinación diario o final

la efectividad del tratamiento pregerminativo (Mendoza y Suarez, 2013).

PG: Porcentaje de germinación diario o al final del ensayo

VGD: Velocidad de germinación diaria, que se obtiene dividiendo el porcentaje de germinación acumulado por el número de días transcurridos desde la siembra

$\sum VGD$: Total que se obtienen sumando todas las cifras de VGD obtenidas en los recuentos diarios

N: Número de recuentos diarios, empezando a contar a partir de la fecha de la primera germinación.

El producto de la aplicación del método es adimensional y es un valor absoluto, sea de un número entero o decimal, es el valor numérico sin tener en cuenta si su signo es positivo o negativo. En este caso, cuanto más se acerque al cero esta expresión numérica de la germinación, se considera bajo y cuanto más se aleje de éste, tiende a ser alto y refleja

4) Tiempo medio de germinación (TMG):

Mediante este parámetro se busca medir la velocidad y dispersión de la germinación a través de la expresión:

$$TMG = (T_1n_1 + T_2n_2 + \dots + T_n n_n) / N$$

Donde

T_n= número de días transcurridos desde el inicio de la germinación hasta el día n, n_n= número de semillas germinadas en el día n, y N número total de semillas germinadas.

Análisis de datos:

Los datos se analizaron en un diseño en bloques completos al azar. Los valores porcentuales de germinación se transformaron con la función $\arcsen[\sqrt{G (\%)/100}]$, transformación utilizada cuando se trata de estudiar proporciones de semillas que germinan (Steel y Torrie, 1985). Para valor de germinación (VG) y el tiempo medio de germinación (TMG), se utilizaron transformaciones logarítmicas, raíz cuadrada e inversa.

Para la estadística descriptiva se utilizó el procedimiento UNIVARIATE, que incluye pruebas estadísticas y valores de "p", para Shapiro – Wilk (para tamaños de muestra < 2000), además de las pruebas Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises y Anderson-Darling. La homogeneidad de varianzas se hizo por las pruebas de Levene, Brown y Forsythe, utilizando el procedimiento GLM. Sin embargo, al realizar las pruebas para comprobar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los datos originales y transformados de germinación (G %), valor de germinación (VG) y tiempo medio de germinación (TMG), no presentaron normalidad y no se ajustaron al modelo. Por esta razón, se recurrió al empleo de pruebas no paramétricas para las tres variables, utilizando el procedimiento NPAR1WAY del programa SAS® 9.1 (2003), con las opciones ANOVA y WILCOXON (prueba de Kruskal-Wallis). Con esta información, se realizaron análisis de dos vías para las tres variables (variables dependientes) y los días después de la siembra y tratamientos, como independientes.

Resultados y discusión

Germinación de la semilla.

Los resultados obtenidos con respecto al comienzo de la germinación (T0), al número de días requeridos para alcanzar el 50 % de germinación (T50), a valores acumulados de capacidad germinativa, valores de germinación y tiempo medio de germinación por tratamiento, se encuentran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Número de días necesarios para lograr T₀ y T₅₀, capacidad germinativa promedio, valor de germinación y tiempo medio de germinación por tratamiento en *C. moschata*.

Tratamientos	Tiempos		Capacidad germinativa (%)	Valor de Germinación final (VG)	Tiempo medio de germinación (TMG)
	T ₀	T ₅₀			
T ₁ : Inmersión en solo agua (0 mg/L) 24 horas	7	13	43,8	26,03	15,0
T ₂ : <i>Giber Grop</i> ® (200 mg/L) 24 horas	5	11	27,5	7,01	14,41
T ₃ : <i>Giber Grop</i> ® (400 mg/L) 24 horas	6	15	45,0	25,17	16,67
T ₄ : <i>Giber Grop</i> ® (600 mg/L) 24 horas	5	11	32,5	13,17	12,96
T ₅ : <i>Giber Grop</i> ® (600 mg/L) 12 horas	5	11	26,25	6,31	14,16

T₀: días para el inicio de la germinación; T₅₀: días para alcanzar el 50 % de germinación

Bajo las condiciones del ensayo, prácticamente no existen grandes diferencias para el inicio de la germinación entre tratamientos (5 – 7 días). Ninguno de los tratamientos alcanzo el 50 % de capacidad germinativa. Según Ellison et al. (1993), especies de hábitats boscosos pueden presentar latencia debido a los bajos porcentajes de germinación de algunas especies. Por esta razón, *C. moschata* pudiera experimentar latencia, por los bajos porcentajes de germinación alcanzado en los diferentes tratamientos aplicados.

Para la producción de plántulas de *Cassia fistula L.* se requiere superar la latencia natural de las semillas causada por la impermeabilidad del tegumento al agua. Una de las formas de romper la latencia consiste en aplicar métodos mecánicos, mediante escarificación lateral de las semillas con lija de agua N° 80 hasta el desgaste suave del tegumento y exposición de los cotiledones (Sales et al., 2013). Con esta metodología estos autores encontraron ausencia de germinación en semillas que no fueron sometidas a ningún tratamiento pregerminativo, mientras que con escarificación consiguieron porcentajes de germinación entre 62 – 94 %, lo cual confirma la ocurrencia de latencia tegumental en semillas de esta especie, confirmando

la exigencia de algún tratamiento pregerminativo que permita superar la latencia. Según Hartmann et al. (1997), para especies que presentan semillas con tegumento impermeable al agua, uno de los tratamientos más utilizados es la escarificación mecánica.

Otro método utilizado como tratamiento pregerminativo es la inmersión en ácido sulfúrico. Por ejemplo, la inmersión de semillas de *Cassia grandis L.* en ácido sulfúrico durante 15, 30, 45 y 60 min promovió los porcentajes de germinación de 76,6 %, 78,3 %, 75,0 % y 90,0 %, respectivamente (Silva et al., 2012)

Para el presente ensayo, los valores porcentuales acumulados (hasta los 30 DDS) se presentan en la Figura 1.

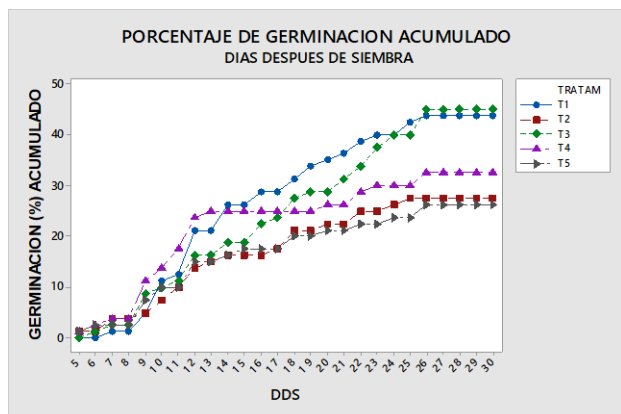


Figura 1. Porcentajes de germinación acumulada por tratamiento durante los días después de la siembra.

Los tratamientos con GiberGrop® a 400 mg/L y el tratamiento de inmersión solo en agua (testigo, 0 mg/L), lograron los mayores porcentajes de germinación promedio (45,0 – 43,8 %), lo que indicaría cierta efectividad de estos tratamientos, en comparación a los demás.

Estos resultados fueron similares a los reportados por Amador et al., (2013) quienes encontraron que dosis de 125, 250 y 500 mg/L de GA3 en semillas de *Ferocactus* presentaron porcentajes de germinación bajos (38,6; 37,4 y 33,38 % respectivamente), en comparación con el testigo donde obtuvo el mayor porcentaje con 56,7 %, atribuido al efecto inhibitorio de en la hidrólisis de carbohidratos en este proceso de germinación. *C. moschata* es una especie que parece responder bien a los tratamientos de inmersión en solo agua. Por ejemplo, Román et al. (2012) proponen que con un pequeño corte y remojar las semillas en agua a temperatura ambiente por 12 horas favorece la germinación (70 % en promedio), la cual se inicia 8-10 días después de la siembra.

Según estos autores, las semillas almacenadas a 20°C permanecen viables hasta por 12 meses,

además es una especie que, en condiciones naturales, puede tardar hasta 180 días en germinar (Buch, Jara y Franco, 1997). Por esta razón, la evaluación durante 30 días quizás fue insuficiente para la determinación final del porcentaje de germinación del lote de semillas y es probable que las semillas necesiten mayor tiempo para alcanzar mayor porcentaje de germinación.

Sin embargo, para otras especies se presentan contradicciones. Por ejemplo, Fraile, Álvarez y Deaquiz (2013) encontraron que la aplicación de giberelinas en semillas de tomate presentó una germinación del 100 % en comparación con el testigo, y Balaguera et al. (2009), quienes encontraron que la aplicación de 900 mg/L de GA3 en tomate híbrido Daniela, aumenta significativamente el porcentaje de germinación. López et al. (2017), con *Asclepias subulata* Decne. (Asclepiadaceae), probaron seis concentraciones de ácido giberélico (GA3) (0, 125, 250, 500, 1000 y 2000 ppm) a dos tiempos de remojo (24 y 48 horas).

El GA3 se obtuvo del producto comercial ProGibb®, que contiene 40% de ácido giberélico como ingrediente activo. Los porcentajes de germinación variaron entre tratamientos, promediando un 77,0%. Las semillas de *Asclepias subulata* presentaron el mayor porcentaje de germinación a concentraciones de GA3 de 250, 500, 1000 y 2000 ppm, en ambos tratamientos de remojo (24 y 48 horas), correspondiendo el más bajo al testigo con un 40%.

Por otra parte, Quintana et al. (2013) para determinar el efecto de dos reguladores de crecimiento vegetal (ácido giberélico, AG3 y ácido naftalenacético, ANA) y las condiciones de iluminación sobre la germinación de semillas conservadas de *Clitoria ternatea*, con las combinaciones: Control (sin reguladores del crecimiento), 0,5 mg/L AG3, 1 mg/L AG3, 1 mg/L AG3 + 0,1 mg/L ANA y 0,1 mg/L ANA,

comprobaron que la adición de estos reguladores de crecimiento vegetal tuvieron efecto en el incremento de la germinación de semillas de *C. ternatea*, no así las condiciones de iluminación probadas. Recomiendan la combinación AG3 (1 mg/L) y ANA (0,1 mg/L) para estimular su germinación.

Valor de Germinación (VG).

Es un valor adimensional que expresa que cuanto más se acerque al cero esta expresión numérica de la germinación, se considera bajo y cuanto más se aleje de éste, tiende a ser alto y refleja la efectividad del tratamiento pregerminativo (Mendoza y Suárez, 2013). El concepto de valor de germinación, tiene por finalidad combinar en una sola cifra una expresión de la germinación total al término del período de ensayo y una expresión de la energía o velocidad de germinación (Czabator, 1962). Si se calcula su valor diariamente desde el comienzo del experimento, se desarrolla una curva basada en Valor de germinación vs. día (Figura 2), en la que se observa una tendencia general de incrementos diarios en el valor de germinación para cada tratamiento, tendencia que continua hasta alcanzar un valor máximo en cada tratamiento, que luego comienza a disminuir a consecuencia de la disminución de la tasa de germinación, si se compara con el inicio de la germinación, tiempo en el que se obtiene mayor germinación.

En la Figura 2 se observa una clara tendencia al aumento de la velocidad con el tiempo para los diferentes tratamientos. El tratamiento de inmersión en solo agua (0 mg/L, 24 horas) es el que posee mayor valor: VG = 26,03, seguido de Giber Grop® (400 mg/L, 24 horas), con 25,17 (Cuadro 1). Estos valores reflejan la efectividad de ambos tratamientos pregerminativos,

sugiriendo que el tratamiento de inmersión en solo agua es más efectivo.

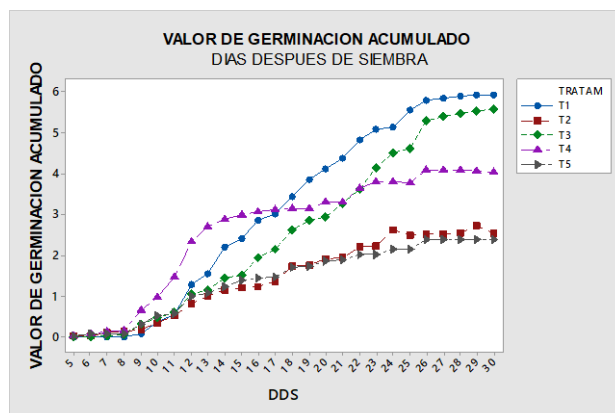


Figura 2. Valor de germinación por tratamiento durante los días después de la siembra.

Tiempo medio de germinación (TMG).

El tiempo medio de germinación se refiere al tiempo que las semillas necesitan para germinar o emerger el talluelo de la plántula del sustrato. Esto nos indica que el tratamiento con menor tiempo de germinación corresponde al tratamiento de Giber Grop® (600 mg/L, 24 horas) quien presentó el menor tiempo medio de germinación con 12,96 días en comparación con los tratamientos de Giber Grop® (600 mg/L, 12 horas), Giber Grop® (200 mg/L, 24 horas), inmersión en solo agua (0 mg/L, 24 horas) y Giber Grop® (400 mg/L, 24 horas), con valores de 14,16; 14,41; 15,00 y 16,67 días, respectivamente (Cuadro 1, Figura 3).

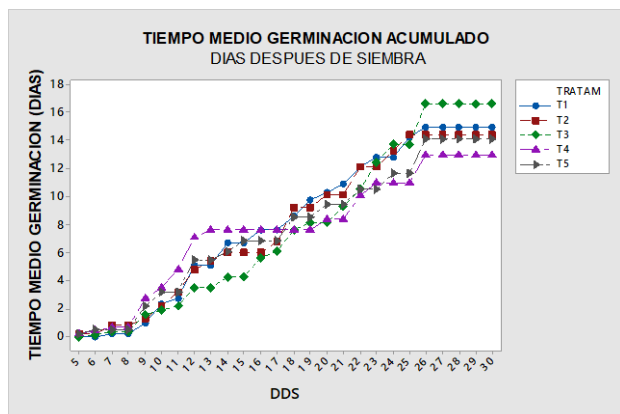


Figura 3. Tiempo medio de germinación por tratamiento durante los días después de la siembra.

Según Bewley (1997) las giberelinas aceleran el proceso de germinación, lo cual coincide con este experimento donde se observa el efecto positivo de las giberelinas sobre la germinación, ya que las más altas concentraciones del producto Giber Grop® y mayor tiempo de inmersión (600 mg/L, 24 y 12 horas)

alcanzaron los menores tiempos medios de germinación.

Análisis no paramétrico (NPAR1WAY)

Análisis de varianza de las pruebas no paramétricas de porcentaje de germinación (G %) clasificados por las variables días después de la siembra y tratamientos.

El Cuadro 2 se produce con la opción de ANOVA. Para cada día después de la siembra y tratamiento, PROC NPAR1WAY muestra un análisis de varianza estándar de los datos en bruto, originando los mismos resultados que los procedimientos ANOVA y GLM. Entre los días después de la siembra (DDS), el valor de p para la prueba F < 0,0001, que indica que los DDS, representan una porción altamente significativa de la variabilidad en la variable dependiente porcentaje de germinación. Para tratamientos no existen diferencias significativas (p = 0,1639).

Cuadro 2. Análisis de varianza de las pruebas no paramétricas para valores de porcentaje de germinación (G %) clasificados por días después de la siembra y tratamientos.

Variable	Fuente de variación		GL	SC	CM	F	Pr > F
G (%)	DDS	Entre	25	3,79	0,152	32,39	< 0,0001**
		Dentro	104	0,488	0,00468		
	TRATAMI	Entre	4	0,216	0,05398	1,66	0,1639 ^{ns}
		Dentro	125	4,068	0,03254		

**Altamente significativo; ^{ns} no significativo; G: Porcentaje de germinación (%); DDS: Días después de la siembra; TRATAMI: Tratamientos

Lo anterior demuestra que el empleo de reguladores de crecimiento vegetal no promovió la germinación en las semillas de esta leguminosa.

La opción de WILCOXON produce la salida del Cuadro 3, en el que se indica el estadístico ANOVA unidireccional, que para las puntuaciones de Wilcoxon se conoce como la prueba de Kruskal-Wallis.

Cuadro 3. Prueba de Wilcoxon (Kruskal - Wallis) para valores de porcentajes de germinación (G %) clasificados por días después de la siembra y tratamientos.

Variable	Fuente de variación	Chi cuadrada	GL	Pr > Chi cuadrada
G (%)	DDS	104,84	25	< 0,0001**
	TRATAMI	14,07	4	0,0071**

**Altamente significativo; G: Porcentaje de germinación (%); DDS: Días después de la siembra; TRATAMI: Tratamientos

Para el caso de los días después de la siembra, la estadística es igual a 104,84, con veinticinco grados de libertad, que es el número de DDS, menos uno. El valor de p es < 0,0001, conduce al rechazo de la hipótesis nula que no existe ninguna diferencia para porcentaje de germinación en los veintiséis días de evaluación y se concluye que los veintiséis días de evaluación de la germinación, no son todos iguales.

En relación a la prueba de Wilcoxon para tratamientos, la estadística de Chi cuadrado es igual a 14,07, con cuatro grados de libertad (número de tratamientos, menos uno). El valor de p o probabilidad de una estadística mayor bajo la hipótesis nula, es 0,0071, el cual también conduce al rechazo de la hipótesis nula que no existe ninguna diferencia para porcentaje de germinación entre tratamientos. Esta prueba también concluye que los tratamientos pregerminativos aplicados para mejorar la germinación, no son todos iguales. Es decir; al menos uno de los tratamientos tiene media distinta a los otros.

Análisis de varianza de las pruebas no paramétricas de valor de germinación (VG) y tiempo medio de germinación (TMG) clasificados por las variables días después de la siembra y tratamientos.

A semejanza del análisis anterior, acá se prueban las hipótesis nulas que no existen diferencias significativas en el valor de germinación (VG) y tiempo medio de germinación (TMG) entre los días después de la siembra (DDS) y los tratamientos (TRATAMI), contra las hipótesis alternativas que el valor de germinación y tiempo medio de germinación, difiere entre ambas variables (Cuadro 4).

Se observa en el Cuadro 4, que para el valor de germinación (VG) entre los días después de la siembra (DDS), se presentan diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) para la prueba F, al igual que entre tratamientos ($p = 0,0003$), lo que sugiere que los DDS y los tratamientos, son significativamente variables en los valores de germinación.

Cuadro 4. Análisis de varianza de las pruebas no paramétricas para valor de germinación (VG) y tiempo medio de germinación (TMG) clasificados por días después de la siembra y tratamientos.

Variable	Fuente de variación	GL	SC	CM	F	Pr > F	
VG	DDS	Entre	25	273,17	10,93	10,65	< 0,0001**
		Dentro	104	106,72	1,03		
	TRATAMI	Entre	4	59,31	14,83	5,78	0,0003**
		Dentro	125	320,28	2,56		
TMG	DDS	Entre	25	3205,31	128,21	117,45	< 0,0001**
		Dentro	104	113,53	1,09		
	TRATAMI	Entre	4	5,29	1,32	0,049	0,995 ^{ns}
		Dentro	125	3313,54	26,51		

**Altamente significativo; ^{ns} no significativo; VG: Valor de germinación; TMG: Tiempo medio de germinación; DDS: Días después de la siembra; TRATAMI: Tratamientos

En relación al tiempo medio de germinación (TMG), la mayor significancia se presenta entre los días después de la siembra ($p < 0,0001$), lo que sugiere alta variabilidad entre ellos. Al analizar la variabilidad entre tratamientos, ocurre que no existen diferencias significativas, explicable por el bajo rango (2,51 días) entre el tratamiento que obtiene el mayor tiempo medio de germinación ($T_3 = 16,67$ días) y el tratamiento que obtiene el menor tiempo medio de germinación ($T_5 = 14,16$ días).

La prueba de Kruskal-Wallis para valor de germinación entre los días después de la siembra y tratamientos, conduce al rechazo de las hipótesis nulas que no existe ninguna diferencia para valor de germinación en los veintiséis días de evaluación y los cinco tratamientos evaluados, lo cual demuestra que

se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los veintiséis días de evaluación de la germinación y los cinco tratamientos pregerminativos, aplicados para mejorar la germinación, no son todos iguales, es decir qué, al menos uno de los tratamientos y días de evaluación tiene media distinta a los otros.

Para tiempo medio de germinación entre los días después de la siembra, se conduce al rechazo de la hipótesis nula que no existe ninguna diferencia en los veintiséis días de evaluación, por lo que los veintiséis días de evaluación no son iguales y al menos uno de los días de evaluación es diferente a los otros. Para los tratamientos aplicados se acepta la hipótesis nula que no existe ninguna diferencia para el tiempo medio de germinación entre tratamientos concluyendo en que son iguales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de Wilcoxon (Kruskal - Wallis) para valor de germinación (VG) y tiempo medio de germinación (TMG) clasificados por días después de la siembra y tratamientos.

Variable	Fuente de variación	Chi cuadrada	GL	Pr > Chi cuadrada
VG	DDS	100,26	25	< 0,0001**
	TRATAMI	16,83	4	0,0021**
TMG	DDS	124,47	25	< 0,0001**
	TRATAMI	0,2644	4	0,992 ^{ns}

**Altamente significativo; ^{ns} no significativo al 5%; VG: Valor de germinación; TMG: Tiempo medio de germinación; DDS: Días después de la siembra; TRATAMI: Tratamientos

Conclusiones

Este estudio demostró que *C. moschata* es una especie que puede presentar latencia fisiológica debido a los bajos porcentajes de germinación que presentó con los diferentes tratamientos aplicados. Sin embargo, es una especie que parece responder bien a los tratamientos de inmersión en solo agua, por lo cual el potencial hídrico del suelo jugaría un alto papel como factor de ruptura de latencia, estimulando la germinación de las semillas en ambientes naturales. El efecto combinado de giberelinas y auxinas en el producto Giber Proc®, en lugar de utilizar cada hormona por separado, parece ser crítico en el proceso de germinación, destacando el efecto positivo que se lograría en presencia de solo giberelina (AG3), por su implicación conocida en el inicio y finalización de la germinación.

Agradecimientos

El autor agradece al Departamento de Biología y Química del NURR – ULA por el uso de sus equipos de laboratorio y a los árbitros.

Referencias

- Acosta R, Mendizábal L, Alba J, Alderete A y Landero N. 2012. Variación de semillas y germinación de *Swietenia macrophylla* King de tres procedencias del estado de Tabasco, México. *Foresta Veracruzana* 14 (1): 35-42.
- Amador K, Díaz J, Loza S y Bivián E. 2013. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotanica*, 35: 109–131.
- Aristeguieta L. 1973. Familias y géneros de los árboles de Venezuela. Instituto Botánico, Dirección de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela. 845 p.
- Azcón J y Talón M. 2013. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Segunda Edición. McGraw-Hill - Interamericana de España, S. L., Madrid, España. 651 p.

- Balaguera H, Cárdenas J y Álvarez J. 2009 b. Effect of gibberellic acid (GA3) on seed germination and Growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Horticulturae* 821:141-145.
- Bewley J. 1997. Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*. 9: 1055-1066.
- Buch M, Jara L y Franco E. 1997. Viabilidad de semillas pretratadas de *Caesalpinia velutina* Standl; *Enterolobium cyclocarpum* (j) y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales* 16: 8-19.
- Czabator F. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *For. Sci.* 8 (4): 386 – 396.
- Davies P. 2004. *Plants hormones. Biosynthesis, Signal Transduction, Action.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London. 750 p.
- Djavanshir K y Pourbeik H. 1976. Germination value. A new formula. *Silvae Genetics* 25 (2): 79 - 83.
- Ellison A, Denslow J, Loiselle B y Brenés M. 1993. Seed and seedling ecology of Neotropical Melastomataceae. *Ecology*, 74, 1733-1749.
- FAO. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. Compilado por R. L. Willan para el Centro de Semillas Forestales de Danida. Versión electrónica <http://www.fao.org/3/AD232S/ad232s00.htm#TOC>
- Fraile L, Álvarez J y Deaquiz Y. 2013. Efecto de las giberelinas en la propagación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes sustratos enriquecidos con fertilizante. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 6 (1): 41-54.
- Fuentes F, Rodríguez M y Rodríguez F. 1996 a. Acerca de la propagación de *Ocimum gratissimum* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 1(1): 3-7.
- Fuentes F, Rodríguez M y Rodríguez F. 1996 b. Sobre la germinación de *Stephania rotunda* Lour. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 1(2): 11-14.
- Hartmann H, Kester D, Davies F, Geneve R. 1997. *Plant propagation: principles and practices.* 6 ed. New Jersey: Simom & Schuster. 770 p
- Hoyos J. 1979. *Los arboles de Caracas.* Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Monografía núm. 24. Segunda edición. Caracas, Venezuela. 381 p
- Latsague M, Sáez P y Coronado L. 2010. Tratamientos pregerminativos para *Myrceugenia exsucca* (Myrtaceae), *Bosque* 31(3): 243-246.
- López J, Jiménez J, Huez M, Dávila J y Ávila E. 2017. Germinación de semillas de *Asclepias Subulata* en condiciones de casa sombra utilizando ácido giberélico. *European Scientific Journal*. 13 (15): 58 – 68.
- López J, Ríos J, Monárrez J, Rosales R, Mejía J y Bustamante V. 2010. Tecnología disponible para la obtención de semilla de mezquite en el norte de México. Durango, México: INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana, Folleto Técnico Núm. 45. 39 p.
- Mendoza O y Suárez S. 2013. Evaluación del comportamiento de Falso roble (*Tabebuia rosea*

- (Bertol.) DC.), Genízaro (*Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth.) y Guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) en ensayo de germinación y sembrados en dos tipos de sustrato orgánico Trabajo de Grado Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Managua, Nicaragua.
- Quintana M, Capote A, Nápoles J, Álvarez O, Ramos Y, Bécquer C y Galdo Y. 2013. Efecto de dos reguladores de crecimiento y condiciones de iluminación en la germinación de semillas conservadas de *Clitoria ternatea*. *Biología Vegetal* 13 (2): 113 - 119
- Román F, De Liones R, Sautu A, Deago J y Hall J. 2012. Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el Neotrópico. Environmental Leadership and Training Initiative (ELTI) – Yale School of Forestry & Environmental Studies. Cali, Colombia. 161 p.
- Rossini O, Valdés B, Andrés M, Márquez C y Bueso L. 2006. Germinación de las semillas en algunas especies americanas de Fabaceae y Bignoniaceae cultivadas en Sevilla (SO España). *Lagascalia* 26: 119-129.
- Sales R, Alves E, da Silva S, Guedes E y Fernández P. 2013. Tratamientos para superar dormencia de semillas de *Cassia fistula* L. *Biotemas*, 26 (4): 11-22.
- Salisbury F y Ross C. 2000. *Fisiología Vegetal*. Paraninfo Thomson learning. España. 988 p.
- Sanabria D, Silva R, Oliveros M y Manrique U. 2004. Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. *Bioagro* 16(3): 225-230.
- Santacruz F, Castañeda J, Gaspar A, Núñez N y Mora A. 2014. Rompimiento de la dormancia en semillas y propagación in vitro de *Cordia elaeagnoides* A. DC. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5 (25): 84-97.
- SAS Institute Inc. 2003. *SAS/STAT Guide for personal computers*, version 9.1 edition. Ed. SAS Institute, Cary, NC. U S A.
- Silva A, Costa L, Gomes D y Brocco V. 2012. Testes para quebra de dormência de sementes de *Cassia grandis* L. e, morfologia de sementes, frutos e plântulas. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, 8 (14): 907-912.
- Sobrevilla J, López M, López A y Romero L. 2013. Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd). M. C. Johnston. En: Pulido Flores, G. y Monks, S. (Eds.) *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*, Volumen II. Nebraska: Zea Books, 83-95.
- Steel R y Torrie J. 1985. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. Segunda edición, Editorial McGraw – Hill Latinoamericana, Bogotá, Colombia. 622 p.
- Torres C, Carvajal D, Rojas F y Arguedas M. 2011. Reproducción de especies arbóreas y arbustivas de la región central de Costa Rica (*Germinar* 2).

Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Vargas T, Betancourt A, Maiquetía M, Hermoso L, Menéndez A, Toro M y García E. 2014. Aplicación de biotécnicas al cultivo de plantas de interés comercial. Memorias del Instituto de Biología Experimental 7: 177-180.

Zambrano C. y Guerra P. 2003. Fruto y hoja de cañafístula (*Cassia moschata*) y yuca (*Manihot esculenta*) ensiladas como suplemento en la alimentación de ovinos. Rev. Unell. Cienc. Tec. 21: 116-123.