



## EFECTO DE TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN LA CALIDAD DE PLÁNTULAS GUAPINOL (*HYMENAEA COURBARIL*)

### THE EFFECT OF PRE-GERMINATION TREATMENTS ON THE QUALITY OF PLANT LOCUST (*HYMENAEA COURBARIL*)

Flores-Pacheco, J.A.<sup>1,3</sup>, Ramírez-James, M.<sup>1</sup>, Gutiérrez-Rugama, A.<sup>1</sup>, Flores-Pacheco C.J.<sup>2</sup>, Alemán, Y.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Bluefields Indian & Caribbean University- BICU, Apartado postal N° 88, Avenida Universitaria, Bluefields, Nicaragua

<sup>2</sup> Escuela de Agroforestería, Universidad de las Regiones de la Costa Caribe Nicaragüense, URACCAN, Barrio Loma Fresca, Bluefields, Nicaragua

<sup>3</sup> Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible, Universidad de Valladolid-INIA, Aveda. Madrid 44, A.P. 34001, Campus “La Yutera”, Palencia, España

Correo: [juan18asdrubal@gmail.com](mailto:juan18asdrubal@gmail.com) ; [japacheco@pvs.uva.es](mailto:japacheco@pvs.uva.es)

(recibido/received: 29-Julio-2015; aceptado/accepted: 10-Diciembre-2015)

#### RESUMEN

Esta investigación ha evaluado el efecto que tiene cinco tratamientos pre-germinativos en la calidad y estructura de las planta de guapinol (*Hymenaea courbaril*) debido a la elevada variabilidad en la germinación y emergencia con la siembra directa. Se evaluaron cinco tratamientos, midiendo el índice de germanización y velocidad de emergencia, parámetros de calidad (altura y diámetro) junto con la de biomasa (peso fresco y seco) de las plántulas, con lo que se estimó el índice de calidad de Dickson. Cada uno de los tratamientos consto de 50 repeticiones para un total de 250 plántulas dentro del experimento. Los datos se procesaron SPSS V.22.0 con los estadísticos: varianza, desviación estándar, análisis de varianza, obteniendo las pruebas estadísticas de correlaciones binarias, análisis de medidas repetidas y análisis de varianza (ANOVA), intra e inter grupos, a un 95% (P-valor 0.05) de confianza. Los resultados muestran diferencia entre los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (escarificación mecánica) respecto al tratamiento uno (térmico) y dos (químico) donde no hay diferencia estadísticamente significativa. El tratamiento cinco (testigo) presenta diferencia estadística menor con todos los demás evaluados. Estos mismos datos permiten determinar un efecto positivo entre la aplicación de tratamientos pre-germinativos y el aumento de la calidad de la plántula de un 93.0%, esto se traduce a mayores posibilidades de sobrevivencia de la planta al ser trasplantada en campo. Debe probarse la combinación de los tratamientos uno y tres.

**Palabras claves:** Calidad; Semilla; Costos; Viabilidad; Forestal.

## ABSTRACT

This research has evaluated the effect of five pre-germination treatments on the quality and structure of plant locust (*Hymenaea courbaril*) due to the high variability in the germination and emergency tillage. Five treatments were evaluated by measuring the rate of Germanization and emergency speed; quality parameters (height and diameter) together with biomass (fresh and dry weight) of seedlings, bringing the Dickson quality index were estimated. Each treatment group contained 50 replicates for 250 plants in the experiment. The data were processed with statistical SPSS V.22.0: variance, standard deviation, variance analysis, obtaining statistical tests of binary correlations, repeated measures analysis and analysis of variance (ANOVA), intra and inter groups, 95% (P-valor 0.05) of confidence. The results show differences between treatments three (hydration) and four (mechanical scarification) regarding treatment one (thermal) and two (chemical) where no statistically significant difference. Treatment five (witness) has less statistical difference with all other evaluated. These same data for determining a positive effect between application of pre-germination treatments and increased seedling quality of 93.0%, this translates to a greater chance of survival of the plant to be transplanted in the field. It is tested combination treatments one and three.

**Keywords:** Quality; Seeds; Costs; Feasibility; Forest.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la ecología se ve afectada por la constante deforestación de la superficie terrestre, año a año las masas arbóreas han venido disminuyendo en algunos países centro americanos y del resto del mundo por la tala indiscriminada de los bosques, originando procesos de desertización y degradaciones de los suelos, situación que preocupa a los gobiernos que están tomando acciones tendientes a los procesos de preservación de los bosques. Esta destrucción de las áreas forestales y la generación de fenómenos erosivos han permitido que la población de las zonas afectadas se empobrezcan y por lo tanto sus posibilidades de desarrollo se restrinjan, disminuyendo su calidad de vida (Willan, 1991).

A nivel mundial el mayor productor de madera es la India, Indonesia y América Latina, que es una importante fuente económica. En nuestro continente los principales productores son: Panamá, Brasil, Costa Rica y Nicaragua que han iniciado plantaciones comerciales recientemente (Domínguez et al, 2000) iniciando con la selección de semillas y los correspondientes tratamientos germinativos de acuerdo a la necesidad de cada especie. Según Ritchie, 2007 define como plántula forestal de calidad, adapta para plantaciones industriales y/o artesanales, a aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado y, por tanto, cumplir los objetivos establecidos en un plan de restauración. No existe un único modelo de calidad ideal para cada especie. La calidad de planta puede ser válida para ciertos objetivos de restauración pero no para otros. Las características funcionales de las plántulas forestales destinadas las repoblaciones comerciales en Nicaragua no tienen por qué ser los mismos que los empleados en otras zonas del mundo o región. Lo que toma amplia importancia debido a que el Inventario Nacional Forestal (INF) - INAFOR, 2008 sitúa la densidad de las estas especies de madera precioso como “*muy poco densas*” ya que la particularidad de su semilla limita su desarrollo. La calidad de una planta cambia en el tiempo, variando con su estado fenológico y, probablemente, con su edad. Así, la resistencia a situaciones de estrés de una planta no es la misma durante el periodo de reposo vegetativo que al producirse la elongación de los tallos (Burr, 1990).

La exigencia de planta de calidad es mayor cuanto más limitante sea el medio donde se ejecuta la restauración.

A la fecha no se cuenta con información sobre el tema de esta investigación por parte de la institución responsable del sector forestal como lo es el Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Se hace alusión al uso de la especie en guía de manejo de bosques tropicales (INAFOR, 2004) pero sin información técnica para su manejo en vivero y/o campo (plantación). De la selección de los métodos pregerminativos apropiados que son utilizados como medios de propagación de algunas especies forestales depende la rapidez de la germinación de la semilla, además de la calidad de la raíz que tienen como función servir de sostén a las plántulas, proporcionar nutrientes y facilitar el desarrollo de la planta, y la absorción de agua, el sustrato o el suelo artificial deben suministrar a la planta, al igual que el suelo mineral, las cantidades adecuadas de aire, y nutrientes minerales (Bigras, 2007).

El objetivo de este trabajo es transmitir la relevancia que tiene la calidad de la planta y discutir algunas de las características funcionales que deben reunir los tratamientos pre-germinativos aplicados a especies leñosas para que puedan desarrollarse adecuadamente y con estabilidad económica.

## METODOLOGÍA

La ubicación del proyecto será en la delegación territorial del Ministerio de Recursos Naturales (MARENA) en el barrio Central del municipio de Bluefields, cabecera regional de la Región Autónoma Costa Caribe Sur (RACCS). Su posición geográfica está entre las coordenadas 12° 00' de latitud Norte y 83° 45' de longitud Oeste. La cabecera municipal está ubicada a 383 kilómetros de Managua (a 292 kilómetros desde esta ciudad hasta la capital de la República). El presente estudio es experimental de tipo unifactorial con enfoque cuantitativo, debido a la manipulación de variables específicas a fin de obtener datos para el análisis de la calidad final de la plántula de guapinol (*Hymenaea courbaril*), al ser sometida a diferentes tratamiento pre-germinativos. Según la medición de las variables de esta investigación es de corte transversal. El desarrollo de la investigación fue de 3 meses de campo (aproximadamente 1 ciclo productivos de plántulas forestales) y 3 meses para el análisis de datos y presentación de resultados, para un ciclo aproximado de 6 meses.

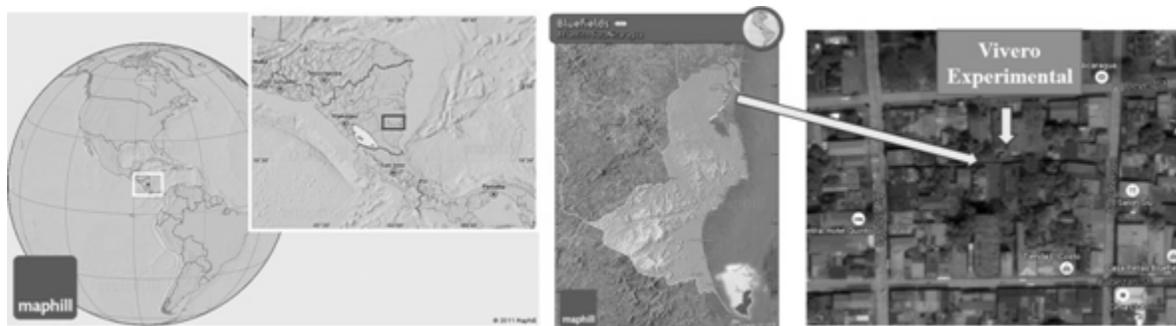


Fig. 1. Ubicación del vivero experimental, Delegación Regional MARENA, Bluefields, Nicaragua.

La semilla certificada se obtuvieron en el Centro de Mejoramiento Genético Forestal y Banco de Semillas (MGF&BS) del Instituto Nacional Forestal (INAFOR) a fin de garantizar la mayor confiabilidad y calidad de la semilla para el experimento. El proyecto “Cadena de Valor de la Madera” (CAVAMA) del INAFOR facilito logística para la adquisición y transporte seguro de la semilla.

Para dicho experimento se tomaron como unidad experimental cada una de las plántulas de guapinol sembradas, germinadas y emergidas hasta su etapa de transplante. Un total de 250 plántulas (unidades experimentales). Cada uno de los cinco tratamientos constara de 50 repeticiones (plántulas). Debido a la facilidad de recolección de datos, el sitio y número accesible de repeticiones (plántulas) por tratamiento se decidió realizar el muestreo total del experimento reduciendo el error muestral (Rodríguez, 1991). En la matriz de operacionalización de variables se define la periodicidad y unidades de muestreo para cada variable evaluada.

Tabla 1. Muestra y repeticiones

Código	Tratamientos	Repeticiones
T <sub>1</sub>	Efecto térmico (Agua en ebullición por 10 minutos + Agua temperatura ambiente por 10 minutos + Agua en ebullición por 10 minutos)	50
T <sub>2</sub>	Efecto químico (Cloro [Hipoclorito de sodio] al 10% por 15 minutos)	50
T <sub>3</sub>	Hidratación (Sumersión en agua por 24 horas con cambios de agua a las 12 horas)	50
T <sub>4</sub>	Mecánico (Corte de la testa de la semilla con cierra de mano)	50
T <sub>5</sub>	Testigo (siembra directa)	50

El tratamiento 1 (T1) consta de medir el Efecto térmico (Agua en ebullición por 10 minutos + Agua temperatura ambiente por 10 minutos + Agua en ebullición por 10 minutos); el tratamiento 2 (T2) es el efecto químico (Cloro [Hipoclorito de sodio] al 10% por 15 minutos). El tratamiento tres (T3) fue la hidratación (Sumersión en agua por 24 horas con cambios de agua a las 12 horas). Para el tratamiento cuatro (T4) se probó el mecánico (Corte de la testa de la semilla con cierra de mano) finalmente el tratamiento cinco (T5) es un testigo. Para cada tratamiento se midieron 50 repeticiones para un total de 250 plántulas en el experimento.

***Índice de calidad de Dickson (Reyes et al, 2005).***

Las plántulas se evaluaron a los tres meses después de la siembra (90 días). Se tomaron datos de diámetro del tallo, altura de la planta y la biomasa aérea y radical de 20 plántulas por unidad experimental. La altura se midió (cm) desde la base del tallo hasta la yema apical. El diámetro se midió (mm) en la base del tallo. Para evaluar la biomasa, se extrajeron las plántulas de las bolsas de polietileno, se les eliminó el sustrato adherido y se lavaron cuidadosamente. Las muestras se colocaron en bolsas de papel, con sus respectivas identificaciones, y se secaron en estufa a 70°C, hasta peso constante (72 h); transcurrido ese periodo, se pesaron por separado la parte aérea y la radical en una balanza analítica, con precisión a miligramos

(Flores-Pacheco, et al., 2015). El índice de esbeltez se calculó mediante el cociente de la altura y el diámetro del tallo (Domínguez, 1997). La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente entre el peso seco aéreo (g) y el peso seco radical (g) (Andrés, et al., 2011). El índice de calidad de Dickson (ICD) resultó de integrar los valores de peso seco total, el índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz (Reyes, 2005), del modo siguiente:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)} + \text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Diámetro (mm)} * \text{Peso seco radical (g)}}} \quad (1)$$

Tabla 2. Matriz de operacionalización de las variables a evaluar.

Variable	Método	Frecuencia	Unidades
<b>En la semilla</b>			
Porcentaje de germinación	Estimación para cada tratamiento evaluado	Única por tratamiento	Porcentaje (%)
Porcentaje de emergencia	Estimación para cada tratamiento evaluado	Única por tratamiento	Porcentaje (%)
Velocidad de germinación	Conteo de días a germinación de la semilla por tratamiento	Única por tratamiento	Días a germinación
Velocidad de emergencia	Relación tiempo y porcentaje de emergencia	Única por tratamiento	Días a emergencia
<b>Calidad de la planta</b>			
Altura de la planta	Medición directa	Semanal	Centímetros (cm)
Diámetro del tallo	Medición directa	Semanal	Milímetros (mm)
Desarrollo peso fresco y seco (parte aérea y radicular)	Estimación de peso frescos y seco	Estimación único	Gramos (gr)

**Análisis estadístico:**

El facto de estudio es el efecto de los tratamientos pre-germinativos en el índice de calidad de las plántulas forestales de Guapinol (*Hymenaea courbaril*).

Para este estudio además de las los estadísticos descriptivos (media, moda y mediana) que indican la tendencia del grupo de datos y los estadísticos de dispersión (varianza y desviación estándar) se han calculado las pruebas paramétricas de Análisis de Varianza (ANOVA) con un 95% (P-valor 0.05) de confiabilidad, permitiendo determinar la existencia o no de diferencia entre las variables evaluadas en cada tratamiento. Se ha complementado con un análisis de medidas repetidas, el cual utiliza los mismos sujetos (repeticiones) con todas las condiciones del experimento, entre ellos el testigo. A esto se le agrega la facilidad de un número menor de tratamientos y repeticiones, así como también la disminución de los efectos de la variación natural entre los individuos (intra-tratamientos) sobre los resultados. Para consolidar el cálculo del índice de calidad e las plántulas se ha realizado la prueba de la correlación binaria por el método de Pearson permitiendo conocer la adecuación (bondad estadística) de los

parámetros elegidos para su estimación (Gravetter, et al, 2009). El procesamiento de los datos estadístico se realizó con el software estadístico SPSS 22.0.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los Cinco tratamientos pre-germinativos evaluados en plantas forestales de Guapinol (*Hymenaea courbaril*), el tratamiento tres (hidratación por 24 horas con cambios de agua a los 12 horas), seguido por el tratamiento uno (efecto térmico) y el tratamiento cuatro (mecánico) fueron las tres primeras en germinar presentando diferencia estadística con una p-valor > 0.05. Lo cual se detectó en el primer muestreo donde se empezaron a medir dicha variables. Es a destacar que las plantas se mantuvieron a temperatura ambiente oscilante entre los 28 – 32 °C lo cual no se midió en este experimento a carencia de equipos para ello.

El tratamiento cuatro (mecánico) presentó mayor sobrevivencia con el 92% de plantas germinadas seguidos por el tratamiento tres (hidratación) con el 90% sin presentar diferencia estadística al compararse entre ellos (inter grupos) e internamente (intra grupo), sin embargo, a partir de los 15 DDS (segundo muestreo) se notó una elevada (>80%) competencia entre los tratamientos en mención, lo cual fue incrementado a los 21 DDS (tercer muestreo) con la germinación de los demás tratamientos a excepción del testigo que germino a más de 20 DDS pero en su momento contribuyo a este efecto.

Tabla 3. Índice de germinación (%) registrado en plántulas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometido a cinco tratamientos pregerminativos.

Variable dependiente		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%			
					Límite inferior	Límite superior		
Porcentaje (%) de emergencia	Efecto térmico	Efecto químico	-7.66667*	.95558	.000	-7.7266	-7.6067	
		Hidratación	-7.00000*	.95558	.000	-7.0599	-6.9401	
		Mecánico	1.13333*	1.00222	.258	1.0705	1.1962	
		Testigo	6.33333*	1.00222	.000	6.2705	6.3962	
	Efecto químico	Efecto térmico	7.66667*	.95558	.000	7.6067	7.7266	
		Hidratación	.66667*	.95558	.486	.6067	.7266	
		Mecánico	8.80000*	1.00222	.000	8.7371	8.8629	
		Testigo	14.00000*	1.00222	.000	13.9371	14.0629	
	DMS	Hidratación	Efecto térmico	7.00000*	.95558	.000	6.9401	7.0599
			Efecto químico	-.66667*	.95558	.486	-.7266	-.6067
			Mecánico	8.13333*	1.00222	.000	8.0705	8.1962
			Testigo	13.33333*	1.00222	.000	13.2705	13.3962
	Mecánico	Efecto térmico	Efecto químico	-1.13333*	1.00222	.258	-1.1962	-1.0705

Variable dependiente	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%		
				Límite inferior	Límite superior	
Testigo	Efecto químico	-8.80000*	1.00222	.000	-8.8629	-8.7371
	Hidratación	-8.13333*	1.00222	.000	-8.1962	-8.0705
	Testigo	5.20000*	1.04679	.000	5.1343	5.2657
Testigo	Efecto térmico	-6.33333*	1.00222	.000	-6.3962	-6.2705
	Efecto químico	-14.00000*	1.00222	.000	-14.0629	-13.9371
	Hidratación	-13.33333*	1.00222	.000	-13.3962	-13.2705
	Mecánico	-5.20000*	1.04679	.000	-5.2657	-5.1343

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.95.

La respuesta germinativa de las semillas tratadas dependió directamente de la interacción que se estableció entre la semilla y el factor tratamiento pregerminativo. Resultados similares han sido obtenidos por (Sánchez, Arends, Villareal, & Cegarra, 2005) en semillas de diversos cultivos sometidas a diferentes tratamientos de hidratación-escarificación y variabilidad de las condiciones físicas del medio durante su siembra.

Con los tratamientos pregerminativos uno, tres y cuatro se aceleró significativamente la velocidad de germinación sin necesidad de alterar la temperatura ambiental (28 °C – 32 °C), siendo el tratamiento cuatro el óptimo para acelerar la germinación, principalmente por que no genera estrés calórico y/o riesgos de muerte por intoxicación como lo hace el tratamientos uno y dos, respectivamente. Llama la atención que en los tratamientos dos (químico) y cinco (testigo) no se lograron incrementos significativos del porcentaje de germinación final, pero sí se aceleró significativamente la velocidad de germinación en el los tratamientos dos (químico) respecto al tratamiento cinco (testigo). En este sentido, con el tratamiento tres se lograron el 50% de la germinación en menos de dos días a partir de la aplicación del mismo; en cambio, con el tratamiento control se alcanzó aproximadamente en 20 días de manera muy escasa y lenta.

Este resultado es interesante, debido a que cuando las semillas llegan al suelo usualmente encuentran condiciones de estrés (Álvarez, Quintero, Manzano, & González, 2009). Se conoce que la velocidad de germinación está correlacionada positivamente con una emergencia rápida en condiciones de campo y un mayor desarrollo vegetativo de las plantas (Birchler, Rose, Royo, & Pardos, 1998), por consiguiente, tales evidencias demuestran la importancia práctica que tiene el incremento de la velocidad de germinación alcanzado con los tratamientos hídricos y de escarificación mecánica.

Diversos autores (Duryea, 1985) lograron mejorar el comportamiento germinativo de diferentes cultivos, en condiciones ecológicas muy variadas, al acondicionar o robustecer las semillas antes de la siembra. Ellos concluyeron que tales efectos se deben a la activación que producen los referidos tratamientos en el aparato metabólico relacionado con la germinación, y en los numerosos mecanismos bioquímico-fisiológicos de tolerancia al estrés que permanecen latentes, estos últimos en condiciones ambientales óptimas (Hartmann y Kester, 1977). Entre estos mecanismos, según Domínguez et al, 2001, sobresalen la

disminución del potencial de agua mínimo para que ocurra la germinación y el incremento de la síntesis de proteínas.

Sin embargo, Sánchez, et al en 2005 observaron una disminución en la germinación de las semillas de *L. leucocephala* cuando se sometieron a diversos ciclos de hidratación-deshidratación. Esto podría deberse a la falta de estandarización de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación para el lote de semillas empleado por dichos autores, lo que debe cumplirse para obtener los mejores resultados con la aplicación de dichos procedimientos (Bradford, 1986).

Tabla 4. Índice de emergencia (%) registrado en plántulas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometido a cinco tratamientos pregerminativos.

Variable dependiente			Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 5%	
						Límite inferior	Límite superior
Índice de emergencia (%)	Efecto térmico	Efecto químico	-7.66667*	.95558	.000	-8.4721	-6.8613
		Hidratación	-7.00000*	.95558	.000	-7.8054	-6.1946
		Mecánico	1.13333*	1.00222	.865	.2886	1.9781
		Testigo	6.33333*	1.00222	.000	5.4886	7.1781
	Efecto químico	Efecto térmico	7.66667*	.95558	.000	6.8613	8.4721
		Hidratación	.66667	.95558	.975	-.1387	1.4721
		Mecánico	8.80000*	1.00222	.000	7.9553	9.6447
		Testigo	14.00000*	1.00222	.000	13.1553	14.8447
	Hidratación	Efecto térmico	7.00000*	.95558	.000	6.1946	7.8054
		Efecto químico	-.66667	.95558	.975	-1.4721	.1387
		Mecánico	8.13333*	1.00222	.000	7.2886	8.9781
		Testigo	13.33333*	1.00222	.000	12.4886	14.1781
	Mecánico	Efecto térmico	-1.13333*	1.00222	.865	-1.9781	-.2886
		Efecto químico	-8.80000*	1.00222	.000	-9.6447	-7.9553
		Hidratación	-8.13333*	1.00222	.000	-8.9781	-7.2886
		Testigo	5.20000*	1.04679	.000	4.3177	6.0823
	Testigo	Efecto térmico	-6.33333*	1.00222	.000	-7.1781	-5.4886
		Efecto químico	-14.00000*	1.00222	.000	-14.8447	-13.1553
		Hidratación	-13.33333*	1.00222	.000	-14.1781	-12.4886
		Mecánico	-5.20000*	1.04679	.000	-6.0823	-4.3177

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.95.

En la presente tabla, basada en los muestreos realizados en los cinco tratamientos pre-germinativos los correspondientes a los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (mecánico) en todo el experimento presentaron un porcentaje mayor en la emergencia de las plántulas. Estos resultados concuerdan con el apartado anterior.

En el período de un mes (30 DDS) se apreció la diferencia más evidente entre los tratamientos, teniendo en cuenta que el tratamiento cinco (testigo) en la totalidad de los muestreos fue el menor, evento que brinda mayor credibilidad al experimento demostrando la viabilidad de la evaluación en la calidad de emergencia y la rapidez de las plantas sometidas a los tratamientos uno, tres y cuatro.

El efecto de los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (mecánico) han demostrado ser alternativas eficaces para la obtención de un mayor y mejor desarrollo en la planta. Dicha práctica al igual que los otros tratamientos son opciones a disposición a todos los que requieran de ejercer prácticas de estimulación de germinación de semillas en viveros bajo el propósito de obtener una mayor cantidad y calidad de plantas que emergen con mayor rapidez así en un tiempo determinado.

Las semillas escarificadas (tratamiento cuatro) presentaron un patrón trifásico de absorción de agua como siguen la generalidad de las especies cultivadas (Sánchez et al., 2005). La fase I se caracterizó por una rápida hidratación (hasta las 20 horas); a continuación hubo un período prolongado y casi estable de absorción de agua que identificó la fase II y, finalmente, se observó la emergencia del embrión que marcó el inicio de la fase III, la cual ocurrió en todos los tratamientos a las 56 horas aproximadamente. Resultados similares fueron obtenidos por Sánchez et al, (2005) en las semillas frescas de esta especie sometida al mismo tratamiento pregerminativo y a condiciones de hidratación. Por el contrario, Poulsen en 1995 no obtuvieron este patrón trifásico de imbibición cuando las semillas de dicha especie permanecieron intactas (sin escarificación), debido probablemente al impedimento mecánico que le imponen las cubiertas seminales a la emergencia del embrión, en combinación con una cierta impermeabilidad a la absorción de agua. Este dato se basó en la observación directa durante la fase de muestreo diario.

El tratamiento pregerminativo cuatro incrementó significativamente el porcentaje de emergencia final hasta un 26,2% de emergencia respecto al tratamiento cinco (testigo). La velocidad de emergencia siguió un comportamiento muy similar al porcentaje de emergencia, es decir, que los tratamientos tres y cuatro (hidratación y escarificación mecánica, respectivamente) aceleraron dicha velocidad, puesto que a los 7 días se obtuvo un 100% de emergencia con respecto al tratamiento cinco (testigo). Resultados similares fueron obtenidos por Montejo et al. (2005). en diferentes cultivos, por medio de la hidratación parcial de las semillas antes de la siembra. Consideran que las ventajas de dichos tratamientos son más evidentes en condiciones de estrés. Igualmente, en semillas de *T. elatum*, *G. ulmifolia* y *C. schreberiana*, Sánchez et al., (2005) lograron incrementar el número de plantas emergidas a través de la hojarasca, con la aplicación de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación en combinación o no con choque térmico.

Monje Delgado (2015) demostró que el patrón de emergencia de una población de plantas está determinado por la compleja interacción que se establece entre las condiciones climáticas, el suelo, las semillas y las características de las plántulas. Según Bradford en su publicación de 1986 los procesos de

post-germinación y pre-emergencia también desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y el establecimiento de las plántulas.

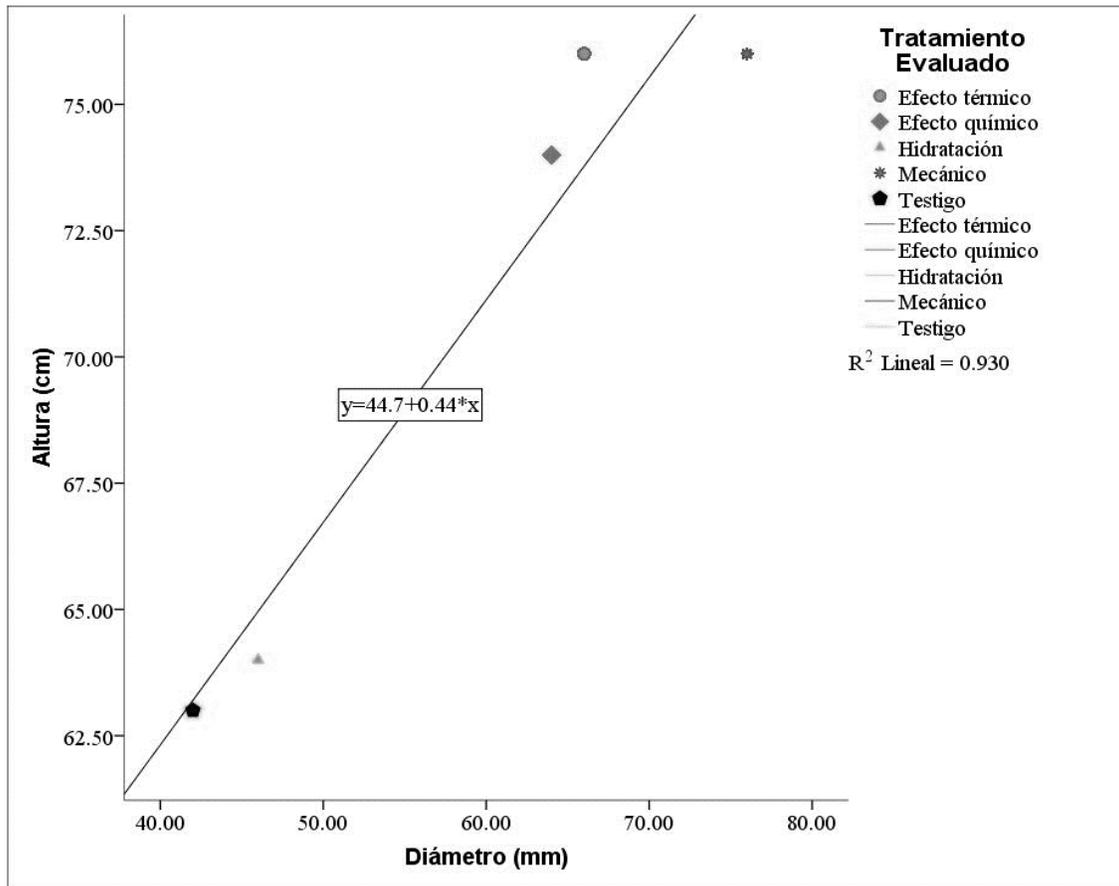


Fig. 2. Correlación Altura (cm) – Diámetro en plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) como parámetros de calidad en cinco tratamientos pre-germinativos.

En esta grafica se mide el ajuste de la bondad estadística para el uso de la correlación altura (cm) / diámetro (mm) de la planta como parámetros de su calidad. El ajuste de la bondad es un término meramente referido al análisis individual y de conjunto de dos o más factores para el estudio de una o más características de una población y/o muestra siempre que ambas sean alométricas. Este análisis se ha realizado para verificar que los factores y parámetros seleccionados fueron adecuados para dar explicación de las variables estudiadas, lo que queda demostrado con un ajuste de 0.930 (93.0%) indicando una muy alta ajustado y con un 95%.

Haciendo un análisis en los 8 muestreos, a partir del sexto muestreo el tratamiento tres ha demostrado mayor capacidad en su fase de desarrollo y crecimiento dado por la relación de mayor altura y diámetro del tallo en comparación con los demás tratamiento.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P<0.05$ ) para las variables diámetro (mm), altura (cm). En el análisis del conjunto de los datos resultantes de los muestreos se denota que el método de hidratación de las semillas por un periodo de 24 horas antes de las siembras, disminuye

la fuerza de la capa externa de la semilla haciéndola más sensible al inicio del proceso germinativo cuando este sumergido en el sustrato, esas combinaciones crea las condiciones adecuadas para que esta pueda germinar con más facilidad debido a que la testa se hace más sensible.

El mayor diámetro (3.33 mm) y la mayor altura (18.58 cm) se presentaron en las plantas del tratamiento tres (hidratación), este fue el mejor tratamiento produciendo plantas 37% más gruesas y 27% más altas. El menor diámetro (2.43 mm) ocurrió en el tratamiento cinco (testigo), aunque esta última resultó sin diferencias estadísticamente significativas (2.46 mm), con respecto al tratamiento dos (químico). Las plantas crecieron menos en altura (14.60 cm) cuando se contrasto con el tratamiento dos (químico), aunque resultó estadísticamente diferente al tratamiento uno (térmico) (15.40 cm) tratamiento cuatro (mecánico) (17.60 cm).

De manera general, los resultados de este trabajo coinciden con lo realizado por (Álvarez et al., 2009), en la producción de plantas de *Pinus patula* y *P. teocote*, quien encontró que la combinación de tratamientos pre-germinativos con fertilizante produjeron el mayor peso seco, altura y diámetro de las plantas de ambas especies al comparar tratamientos de hidratación y escarificación.

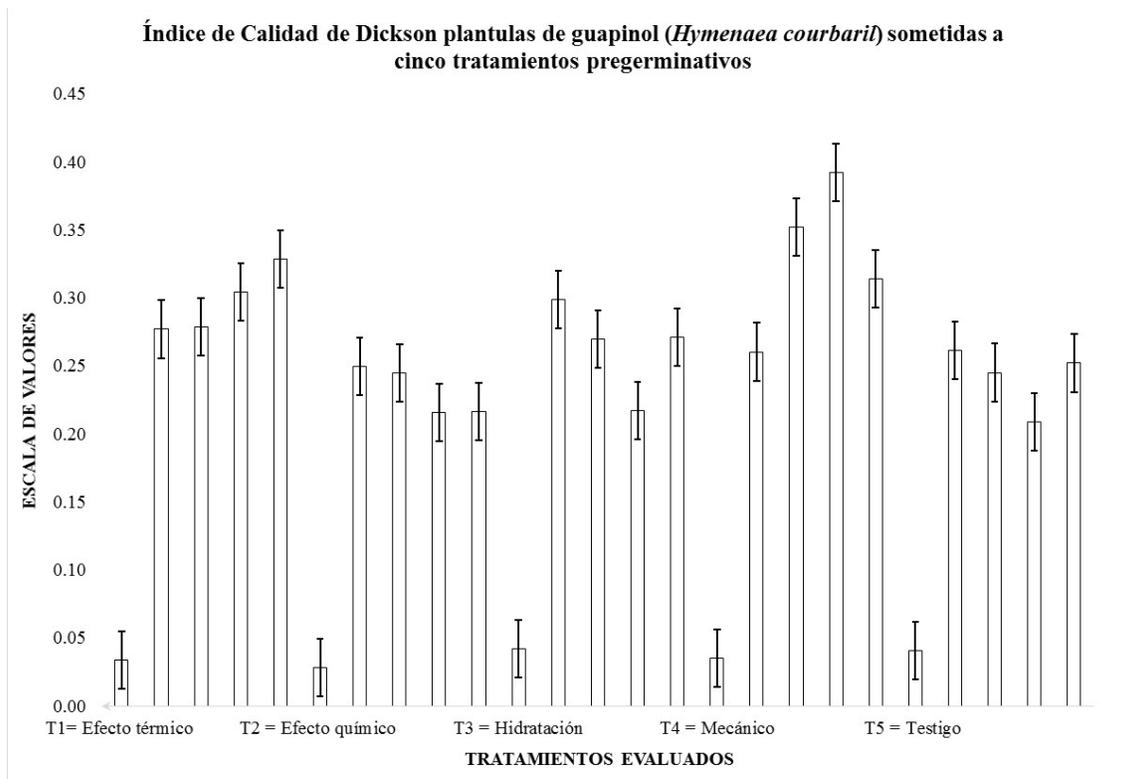


Fig. 3. Índice de calidad de las plantas registrado en plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) sometido a cinco tratamientos pre-germinativos.

En los parámetros que indican la calidad de la planta se tomó en cuenta varias variables ligadas a las semillas, a las plantas y aspectos morfométricas (relación altura – diámetro). El experimento se desmontó al cabo de los 90 días (tres meses). Después de los 90 días de la siembra se entresacaron las plantas muertas para dejar una por cada bolsa, a las cuales se les determinaron las siguientes variables de vigor:

masa seca del tallo, de la raíz y de la parte aérea, mediante el secado de las muestras durante 72 horas en un horno (Flores-Pacheco et al, 2015) a 70 °C.

De manera general durante las observaciones en la evaluación de efectos de los cinco tratamientos pre-germinativos en la calidad de plantas forestales del guapinol (*Hymenaea courbaril*), se pudo observar en las cualidades óptimas que ha demostrado el tratamiento cuatro (mecánico) es más eficaz para una pronta germinación y emergencia teniendo efectos negativos, como una elevada tasa de mortalidad partiendo de la pudrición de las semillas, que pueden deber a varios factores como; cantidad excesiva de agua en el riego específicamente en dicho tratamiento.

Como está señalado anteriormente en el resultado, no hubo una medición exacta de la cantidad de agua ocupada para riego, parámetros que dejan opciones de otras investigaciones de evaluación tomando en cuenta la cantidad determinada en el riego.

Para una tasa menor de mortalidad, el riego y cantidad de agua se pudo tomar en cuenta desde el punto de partida; individualidad de tratamiento, siendo el tratamiento cuatro (mecánico), un corte transversal en ambos lados de la semilla, este se encuentra expuestas en su medio natural de una forma vulnerable, teniendo riesgos altos de pudrirse con cantidad excesiva de agua. Se debe de considerar que los distintos tratamientos se pueden establecer la cantidad de agua, siendo el caso del mecánico este debería ser puesto por separado de los demás utilizando como riego diario con la mitad del volumen de agua utilizada en los demás dependiendo de su cantidad establecida por los investigadores.

De manera general, los mejores resultados se obtuvieron cuando las plantas crecieron luego de aplicarse el tratamiento cuatro (mecánico). Además, no se detectó que el tratamiento tres (hidratación) generara plantas de calidad inadecuada. Estos resultados confirman los datos de Reyes-Reyes et al, (2005), quien asegura que la hidratación puede ser utilizada como estimulador de la germinación afectando positivamente el crecimiento hasta en 66% para la producción de plantas de calidad. Ismaili et al. (2010), en trabajos realizados en la producción de melón (*Cucumis melo L.*), utilizando como tratamiento pre-germinativo la hidratación encontraron mejores resultados cuando combinaron hidratación con una escarificación previa, un 60% más efectivo.

Los valores del índice de calidad de Dickson (ICD) resultaron similares a los de otras especies, como los encontrados por Román et al (2001) en *Pinus greggi Engelm. var. Australis*, con valores altos para los índices de calidad, ICD entre 0.4 y 0.6, debido a la presencia de un gran crecimiento aéreo, con respecto al radical, favorecido por un exceso de nutrientes (Ferraris et al, 2008), si se agrega cierta cantidad de fertilizante.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este experimento muestran diferencia significativa con un 95% de confiabilidad (P-valor >0.05) entre los tratamientos de la manera que sigue, entre los tratamientos uno tres (hidratación) y cuatro (escarificación mecánica) al igual que los tratamientos uno (térmico) y dos (químico) no hay diferencia estadísticamente significativa, pero si entre ellos por separados. En tanto el tratamiento cinco (testigo) presenta diferencia estadística con todos los demás evaluados. Dicho comportamiento se evidencia en los índices de germinación, emergencia, parámetros de calidad y análisis de costos ejecutado en cada

tratamiento al ser analizados tanto por separado (inter-grupos) como a lo interno (intra-grupos) por medio de la prueba de medidas repetidas. Estos mismo datos permiten determinar un efecto positivo entre la aplicación de tratamientos pre-germinativos y el aumento de la calidad de la plántalo de un 93% de ajuste estadístico (robustecida de los parámetros seleccionados), esto se traduce a mayores posibilidades de sobrevivencia de la planta al ser trasplantada en campo.

Este análisis conjunto permite concluir con elevada seguridad técnica y científica que los tratamientos tres (hidratación) y cuatro (escarificación mecánica) son los mejores y más adecuados para mejora de la calidad de las plantas en vivero maximizando la inversión económica y generando mayores ingresos al vivero, los tratamientos uno (térmico) y dos (químico) presentan características similares, sin embargo, más bajas y con mayor riesgo de pérdida, se debe descartar el tratamiento cinco (testigo) por sus bajos resultados e ineffectividad técnica. Se han cumplido todos los objetivos de la investigación permitiendo aceptar la hipótesis nula en la que se plantea la diferencia estadística entre los tratamientos evaluados.

### AGRADECIMIENTOS

A la Dirección Investigación y Post-Grado de la BICU por el financiamiento del Proyecto y al del proyecto “Apoyo a la Cadena de Valor de la Madera en Nicaragua” (CAVAMA) del Instituto Nacional Forestal (INAFOR) que dieron facilidades para obtener la semilla.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, R., Quintero, I., Manzano, J., & González, D. (2009). diferentes tratamientos pregerminativos y posición de siembra de la semilla, 9 (2), 333-342.

Andrés, P., Salgado, C., & Espelta, J. M. 2011. Optimizing nursery and plantation methods to grow *Cedrela odorata* seedlings in tropical dry agroecosystems. *Agroforestry Systems*, 83(2), 225–234. <http://doi.org/10.1007/s10457-011-9404-5>

Bigras, F. J., Gonzalez, A.L. D'Aoust. y C.Hébert. 2007. Frost hardiness, bud phenology and growth of containerized Piceamariana seedlings grown at three nitrogen levels and three temperature regimes. *New Forests* 12: 243-259.

Birchler, T., Rose, R. W., Royo, a, & Pardos, M. (1998). La Planta Ideal: Revision Del Concepto , Parametros Definitorios E Implementacion Practica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, 7(1), 1–10.

Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience* (USA).

Burr, K.E. 1990. The target seedling concept: Bud dormancy and coldhardiness. En: R. Rose, S, J.

Domínguez L., Carrasco, N., Herrero, L. Ocaña, J.L. Nicolás y J.L. Peñuelas. 2000. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento en campo de las plantas de *Pinus pinea* en campo. En Ier Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea*), Vol .I. Páginas203-209, Valladolid.

Domínguez Lerena, S. N. Herrero Sierra, I. Carrasco Manzano, L. Ocaña Bueno y J. L. Peñuelas Rubira. 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *P. pinaster* y *P. pinea*: resultados de vivero. En II Congreso Forestal Español, Vol. 3.

Duryea, M.L. 1985. Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Páginas 1-4. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.

Ferraris, G. N., Couretot, L. A., Prats, F., & Targhetta, H. 2008. Efecto de la fertilización con nitrógeno, azufre y boro sobre la producción de materia seca y el rendimiento de grano con destino a semilla en Raigrás anual. Resultados de experiencias. Trigo. Campaña 2008.

Flores-Pacheco, J.A., Godoy, S., Rostrán, J., Bárcenas, M. (2015). Efecto de la poda de guías y dos tipos de fertilización en la producción de Melón (*Cucumis melo*). *Revista Universitas, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Nicaragua*, 2(2), 1–10.

Gravetter, F.J., & Wallnau, L.J. (2009). *Statistics for the Behavioral Sciences*, (8th Ed.). Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning

Hartmann, H. y Kester, D. 1977. *Propagación de plantas. Principios y Prácticas*. Continental. México. 810 pp

Instituto Nacional Forestal (INAFOR). 2004. *Definiciones generales para el manejo de un bosque de trópico Húmedo*. Managua, 62 p.

Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Centro de Mejoramiento genético y Banco de Semillas Forestales. 2012. *Manual de la cadena productiva de semillas en el CMG y BSF*. Managua, 32 p.

Instituto Nacional Forestal (INAFOR). *Resultados del Inventario Nacional Forestal: Nicaragua 2007-2008/INAFOR*, Managua, 232 p.

Ismail, H. I., Chan, K. W., Mariod, A. A., & Ismail, M. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chemistry*, 119(2), 643-647.

Monje Delgado, P. A. (2015). Eliminación de latencia en semilla de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris L.*) Variedad común.

Poulsen, K. M y Stubsgaard, F. 1995. Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura. En: *Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales*. Jara, L. F. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Costa Rica. 139 pp.

Reyes-Reyes, J., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V. M., & López-Upton, J. 2005. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrabus var. alpuncensis* en sustratos a base de aserrín. *Revista Chapingo Serie ciencias forestales y del ambiente*, 11 (2), 105-110.

Ritchie, G.A. 2007. Root growth potential: principles, procedures and predictive ability. En: M.L., Duryea. *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*, Páginas 93-104. Oregon State University, Corvallis

Sánchez, D., Arends, E., Villareal, A., & Cegarra, A. (2005). Fenología y caracterización de semillas y plántulas de *Pourouma Cecropifolia* Mart. *Ecotropicos*, 18(2), 96–102.

Willan, R. L. 1991. *Guía de Manipulación de Semillas Forestales con especial referencia a los Trópicos*. Centro de Semillas Forestales de DANID. Estudio FAO MONTES 20/2. 510 pp.