

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE HORMONAS VEGETALES EN LA CALIDAD DE PLANTAS DE CAOBA (*Swietenia macrophylla King*) EN VIVERO

EVALUATION OF THE EFFECT OF PLANT HORMONES ON THE QUALITY OF PLANTS OF MAHOGANY (*Swietenia macrophylla King*) IN THE NURSERY

Vale-Montilla, César C.*

Universidad de Los Andes-Venezuela

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar la influencia de dos reguladores de crecimiento (ProGibb® y GiberGrop®) sobre la calidad de plantas de caoba (*Swietenia macrophylla King*). ProGibb® es un regulador de crecimiento, cuyo principio activo es el ácido giberélico 10 % p/p e ingredientes inertes 90 % p/p; GiberGrop® contiene ácido alfa-naftalenacético 17.2 y giberelina (GA3) 10% (p/p). El experimento fue realizado en vivero y evaluado mediante un diseño completamente aleatorizado, durante cuatro meses. Los tratamientos aplicados mediante aspersiones en el área foliar de las plantas, fueron a base de agua, ProGibb® en concentraciones de 200, 400 y 800 µg/L y GiberGrop® a 600 µg/L, además de un tratamiento con aspersión de plantas solo con agua corriente. Los datos se analizaron mediante un ANOVA (SAS 9.1 ®). Los parámetros morfológicos evaluados en frecuencia mensual, fueron el índice de esbeltez, relación de biomasa seca y el índice de calidad de Dickson. El Índice de esbeltez indica que las plantas muestreadas al final de la etapa de vivero se consideran plantas robustas y de tallo vigoroso. Según la relación de biomasa, todos los tratamientos son adecuados para caoba. De acuerdo al Índice de Dickson, se interpreta que el tratamiento con GiberGrop® a 600 µg/L produce plantas más equilibradas en cuanto a la robustez y la distribución de la biomasa total confiriéndole mayores posibilidades de sobrevivencia en campo.

Palabras Clave: *Swietenia macrophylla*, giberelina, auxina.

Abstract

This research had as main objective to evaluate the influence of two of growth regulators (ProGibb® and GiberGrop®) on the quality of plants of mahogany (*Swietenia macrophylla King*). ProGibb® is a growth regulator, whose active ingredient is the gibberellic acid 10 % w/w and inert ingredients 90 % w/w; GiberGrop® containing acid alfa-naftalenacetic 17,2 and gibberellin (GA3) 10 % (w/w). The experiment was carried out in the nursery and evaluated using a design fully randomized, for four months. The treatments applied by spraying in the leaf area of plants, were waterborne, ProGibb® at concentrations of 200, 400 and 800 µg/L and GiberGrop® 600 µg/l, in addition to treatment with spraying of plants only with tap water. Data were analyzed through an ANOVA (SAS® 9.1). The morphological parameters assessed at monthly frequency, were the index of slenderness ratio of dry biomass and Dickson quality index. Slender index indicates that the plants sampled at the end of the nursery stage are considered robust and vigorous stem plants. According to the relationship of biomass, all treatments are suitable for mahogany. According to the Dickson index, is interpreted with GiberGrop® treatment to 600 µg/L produces plant more balanced in terms of robustness and the distribution of the total biomass giving a greater chance of survival in field.

Keywords: *Swietenia macrophylla*, gibberellin, auxin.

Recibido: 16/05/2017 - **Aprobado:** 30/11/2017

*Msc. en Entomología, Universidad Central de Venezuela. Ingeniero Forestal, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Asesor de 20 tesis de pregrado. Línea de investigación: Entomología, Análisis de crecimiento de plantas. E-mail: cvale@ula.ve

Introducción

Las caobas pertenecen a la familia Meliaceae, que incluye cerca de 50 géneros y 1000 especies distribuidas en América, África y Asia. El género *Swietenia* cuenta con tres especies que se encuentran distribuidas en América, *S. mahagoni* Jacq., *S. macrophylla* King y *S. humilis* Zucc. Además, existen dos híbridos naturales, uno producto de la cruce de *S. macrophylla* x *S. humilis* y el otro obtenido por la cruce de *S. macrophylla* x *S. mahagoni* (Pennington, 1981).

La especie *S. macrophylla* se distribuye entre los 22° de latitud norte y los 21° de latitud sur. Para Venezuela, su área de distribución se reporta para los estados Barinas (Ciudad Bolivia, Barrancas, Barinitas, Reserva Forestal Caparo), Cojedes (alrededores de El Amparo, Hato Piñero), Mérida (vía Tovar), Portuguesa (río Portuguesa, entre Acarigua y Florida) y Zulia (Perijá). Crece en selvas de galería y bosques tropófilos en suelos bien drenados, entre 20 y 500 msnm (LLamozas et al., 2003).

La calidad de las plántulas está asociada a la capacidad fisiológica de las mismas para adaptarse a su nuevo ambiente y crecer a su máximo potencial. La calidad de plántulas no es un concepto absoluto, por lo que resulta difícil establecer métodos sencillos para determinarla, sobre todo en plántulas forestales adaptadas a diferentes ambientes (Sánchez y Murillo, 2004).

Los caracteres morfológicos de naturaleza cuantitativa que se emplean en el control de calidad de plantas o en estudios científicos, son altura de la planta, diámetro del cuello de raíz, peso *aéreo* y radical, esbeltez de los tallos (altura / diámetro) y la proporción entre peso *aéreo* y radical. En el caso de plantas forestales, se utilizan con mayor frecuencia el Índice de esbeltez, la relación biomasa aérea/biomasa radical y

el Índice de calidad de Dickson (Dickson et al., 1960; Escamilla, 2014; Díaz et al., 2013).

Es importante el equilibrio entre la altura y el diámetro de la parte aérea. La altura requerida para el establecimiento de especies forestales tropicales en el campo debe estar entre 15 a 30 centímetros. Plantas mayores de 40 centímetros tienen menos probabilidades de sobrevivir, pues no tienen una proporción adecuada entre la raíz y la parte aérea, siendo susceptibles al doblamiento por vientos; requieren mayor humedad y tiempo para establecerse, en comparación con las plantas de menor tamaño y mayor diámetro (Santiago et al., 2007).

El diámetro del cuello de la raíz es una característica de calidad que permite predecir la supervivencia de las plantas en campo. Define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por fauna nociva, mientras que plantas con diámetros más pequeños no son capaces de sostener tallos elongados, haciéndolos más vulnerables a sufrir daño (Prieto et al., 2003 y Prieto et al., 2009).

La mejor proporción entre el peso de la parte aérea y la radical (PSA/PSR) varía entre especies y no necesariamente un PSA/PSR reducido implica un mejor desarrollo post-plantación (Villar, 2003). Existe una tendencia a valorar positivamente aquellas plantas destinadas a repoblaciones, sobre todo a las de zonas secas, con más desarrollo del sistema radical que la parte aérea, ya que las plantas de gran tamaño y PSA/PSR elevados consumen más agua que las plantas más pequeñas. Existen evidencias de que las plantas con menor PSA/PSR pueden mantener un mejor estado hídrico, con un consumo moderado de agua en situaciones de deficiencia hídrica. Mientras existan recursos

hídricos suficientes en el suelo, como suele suceder en los periodos húmedos del año, las plantas de tamaño y mayor PSA/PSR, no necesariamente tienen que sufrir más estrés hídrico que las plantas de menor tamaño o PSA/PSR (Stewart y Bernier, 1995).

La relación entre peso seco aéreo y peso seco radicular o producción de biomasa, es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, indica que la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008).

Para describir la calidad de planta Dickson et al. (1960), proponen una fórmula, denominada Índice de calidad de Dickson (ICD). Según Sáenz et al., (2010), es el mejor parámetro para indicar la calidad de la planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura, pero con mayor vigor. Mientras mayor sea el índice obtenido por una planta, se le considera de mayor calidad, con respecto a otras.

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo específico de evaluar la influencia de dos reguladores de crecimiento (ProGibb® y GiberGrop®) **sobre la calidad de plantas de caoba** (*Swietenia macrophylla* King) en vivero.

Materiales y métodos

1. Ubicación y descripción del área de estudio

El trabajo se realizó entre los meses de junio y noviembre de 2016, en un vivero no permanente, constituido para realizar análisis de crecimiento de algunas especies de importancia forestal, ubicado en el sector

La Raya de la ciudad de Trujillo, Venezuela. El sector está ubicado entre las coordenadas geográficas: latitud Norte 09° 12' 26" – 09° 27' 29", longitud Oeste 70° 33' 59" – 70° 16' 53. El patrón de temperaturas regente en el área, es de tipo megatérmico (media anual > 25°C), y el régimen de lluvias corresponde al bimodal, propio de la cuenca del lago de Maracaibo, con dos picos anuales de precipitación (mayo y octubre). La precipitación anual es de 1.386 mm. El municipio Trujillo, se encuentra en un rango altitudinal entre 475 y 1225 msnm (Roa y Kamp, 2012).

2. Proceso metodológico.

2.1. Diseño experimental.

El experimento fue evaluado mediante un diseño completamente aleatorizado. Los tratamientos fueron a base de agua, ProGibb® **en concentraciones de 200, 400 y 800** µg/L y GiberGrop® **a 600** µg/L, colocadas en forma de aspersión en la parte aérea de las plantas de caoba (*Swietenia macrophylla* King), además de un tratamiento de aspersión de plantas solo con agua corriente. Para el ensayo, se utilizaron 24 plantas por tratamiento, siendo cada una de ellas una repetición. Para su obtención, fueron sembradas 150 semillas, una por bolsa de polietileno. La germinación comenzó a 10 – 15 días de la siembra de la semilla, seleccionando para el ensayo aquellas plantas cuyo estado de desarrollo inicial fuera similar en todos los tratamientos, utilizando la altura y diámetro de planta como criterios para la selección de las plantas.

En total se evaluaron cinco tratamientos, con cuatro aspersiones de frecuencia semanal, la primera realizada al cumplir cuarenta y cinco días después de la siembra de la semilla (45 dds), con una edad aproximada de las plantas de 30 días, y a partir de la primera aplicación, cada 7 días.

2.2. Muestreo de variables de plantas obtenidas del vivero.

Se realizaron cuatro muestreos, evaluando 15 plantas por muestreo mensual (03 plantas/tratamiento). La primera toma de datos o muestreo para la evaluación de la calidad de planta se realizó a los 45 *días* después de la siembra (45 dds), a una edad aproximada de las plantas de 30 días y antes de comenzar las aspersiones o tratamientos. Luego de este primer muestreo, se realizaron muestreos mensuales durante la permanencia de las plantas en vivero. Cada muestreo consistió de un *muestreo destructivo* de plantas que, para evitar el efecto de borde, se extrajeron en forma aleatoria tres plantas centrales por tratamiento. Se llama muestreo destructivo ya que hay que sacrificar las plantas para la obtención de los pesos secos (aéreo y radicular). En cada planta se evaluó: a) altura (cm), utilizando una regla graduada en centímetros, se midió desde el cuello de la raíz hasta la yema apical de las plantas; b) diámetro del cuello de la raíz (mm), por medio de un vernier, desde el punto de unión entre la raíz y el tallo; c) peso aéreo y radicular de la planta (g), tanto peso fresco como seco. Para estimar esta variable, se separaron las partes aérea y radical con tijeras de podar. Primero se determinó su peso fresco en una balanza digital calibrada en gramos. Luego, cada parte de la planta se colocó en un horno de secado, durante 72 horas a 70 °C y finalmente se determinó su peso seco.

2.3. Cálculo de índices de calidad.

Para todas las plantas extraídas se determinó el índice de esbeltez o robustez antes de llevar las plantas a secar en estufa. Posterior al secado, se calculó la relación entre el peso seco aéreo y radicular y el índice de calidad de Dickson, según métodos utilizados por varios investigadores

(González et al., 2014; Rueda et al., 2013 y Díaz et al., 2013).

2.3.1. Índice de esbeltez o robustez (IE). Este índice refleja la relación entre la altura de la planta (Alt, cm) y el diámetro del cuello de la raíz (Diam, mm). Se calcula de la manera siguiente:

$$IE = \text{Alt} / \text{Diam} \quad [\text{cm/mm}]$$

2.3.2. Relación parte aérea y parte radical (RBIO). Es el cociente entre el peso seco aéreo (PSA, g) y el peso seco radical (PSR, g).

$$\text{RBIO} = \text{PSA} / \text{PSR} \quad [\text{g/g}]$$

2.3.3. Índice de calidad de Dickson (ICD). Relaciona el peso seco total (PST) entre la suma del índice de esbeltez y la relación entre el peso seco aéreo (PSA) y radicular (PSR). El Índice de calidad de Dickson se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{ICD} = \text{PST} / (\text{Alt/Diam} + \text{PSA/PSR}) \quad [\text{g}/(\text{cm/mm} + \text{g/g})]$$

2.4. Análisis de los datos.

Los datos de las variables para cada planta medida durante las etapas de estudio, se ingresaron en una tabla de cálculo de EXCEL. El procesamiento de los datos se llevó a cabo mediante el procedimiento ANOVA de SAS®, versión 9.1. Para el análisis de los datos, se realizó previamente el análisis de normalidad de Shapiro-Wilk para verificar la distribución de los datos, realizando la normalización de datos en casos requeridos.

Luego se aplicó el análisis de varianza para cada una de las variables o índices evaluados mensualmente y determinar la existencia o no de diferencias significativas entre tratamientos sobre las plantas evaluadas. Para el análisis se hizo un

análisis individual corriendo Anovas para el muestreo individual (mes a mes) y luego un Anova con el conjunto de datos de todos los muestreos. La comparación de medias se hizo a través de la prueba de medias de Duncan ($P < 5 \%$).

Resultados y discusión

Calidad de planta en análisis de varianza de muestreos individuales:

Con base a las variables morfológicas determinadas durante los muestreos, en el Índice de esbeltez (IE), se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos durante el primer muestreo ($P = 0,046$) y para el Índice de calidad de Dickson (ICD) diferencias altamente significativas ($P = 0,009$). Durante los muestreos siguientes, no se presentaron diferencias significativas para ambos índices, salvo durante el tercer muestreo que se obtienen diferencias altamente significativas en la relación de biomasa seca ($P = 0,003$, Cuadro 1).

Cabe destacar que los valores obtenidos en el primer muestreo son valores obtenidos antes de iniciar los tratamientos de aspersión, con plantas seleccionadas por morfología externa (altura y diámetro), de manera que las plantas seleccionadas para el ensayo fueran lo más uniforme posible. Esto significa que los datos obtenidos en este primer muestreo no se deben a un efecto de los tratamientos sobre las plantas.

Esa uniformidad la explica el coeficiente de variación, que para el Índice de esbeltez oscila entre 2,4 y 10 % y relativamente bajo para la relación de biomasa seca e Índice de calidad de Dickson, con valores que oscilan entre 9 – 22 % y 3 – 23 %, respectivamente (Cuadro 2).

En la literatura se registra que el tiempo de permanencia de plantas de caoba en vivero oscila entre 3 – 4 meses. Según algunos autores (González et al., 2014; Díaz et al., 2013; Negreros et al., 2010), trabajando con diferentes densidades de siembra y sustratos orgánicos mejoradores de suelo, en plantas de 3 meses, consiguen valores del índice

Cuadro 1. Análisis de Varianza entre tratamientos para los muestreos de plantas en vivero para la determinación de los diferentes índices de calidad de plantas.

Muestreos	Índices de calidad	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Primer muestreo (45 dds)	Índice esbeltez	4	2,684	0,671	3,58	0,046*
	Índice de Dickson	4	0,0043	0,0011	6,01	0,009**
	Relación biomasa	4	2,298	0,575	1,48	0,2789
Segundo muestreo (75 dds)	Índice esbeltez	4	1,041	0,260	0,51	0,7322
	Índice de Dickson	4	0,008	0,0019	3,13	0,0653
	Relación biomasa	4	0,911	0,227	0,61	0,6644
Tercer muestreo (105 dds)	Índice esbeltez	4	1,768	0,442	0,55	0,7044
	Índice de Dickson	4	0,1003	0,0251	0,76	0,5721
	Relación biomasa	4	8,633	2,158	7,92	0,003*
Cuarto muestreo (135 dds)	Índice esbeltez	4	3,619	0,905	2,61	0,059
	Índice de Dickson	4	0,301	0,075	1,20	0,334
	Relación biomasa	4	2,303	0,576	2,25	0,09

dds: días después de la siembra; *Significativo al 5%; **altamente significativo

de esbeltez que fluctúan entre 5,4 – 7,1; la relación de biomasa entre 1,5 – 4,2 y el índice de calidad de Dickson entre 0,19 – 0,43. Estos valores son coincidentes y correspondientes con el tercer muestreo realizado en la presente investigación (105 días de edad de las plantas), independientemente del tratamiento aplicado. Por ejemplo, el índice de esbeltez fluctúa entre 5,0 – 5,9, con el menor valor de ellos, en el tratamiento de aspersión con *Pro – Gibb®* a 200 µg/L y el mayor valor en aspersión con *GiberGrop®* a 600 µg/L. **En la relación de biomasa seca, los valores fluctúan entre 2,6 (aspersión con *Pro – Gibb®* a 400 µg/L) – 4,6 (aspersión con *Giber – Grop®* a 600 µg/L). Para el índice de Dickson, también se obtienen valores coincidentes, variando de 0,35 – 0,58, el menor valor promedio obtenido con el tratamiento de aspersión con *Pro – Gibb®* a 400 µg/L y el mayor con el tratamiento de aspersión solo con agua (testigo).**

A 135 días después de la siembra de la semilla (4 meses de edad de las plantas), edad seleccionada para la determinación del efecto final de los tratamientos sobre la calidad de las plantas, por ser una edad que se utiliza con frecuencia para la extracción de las plantas de caoba del vivero a plantación definitiva en el campo (González et al., 2014; Díaz et al., 2013; Negreros et al., 2010), se observa que en el Índice de esbeltez de las plantas, los tratamientos con mejor calidad resultaron aspersión con *Pro – Gibb®* a 200 µg/L y aspersión con *Giber – Grop®* a 600 µg/L, con índices promedio de 4,5 y 4,6, respectivamente. Los valores registrados en aspersión con *Pro – Gibb®* a 200 µg/L fluctuaron de 5,1 a 3,7 (CV = 14 %); en aspersión con *Giber – Grop®* a 600 µg/L fluctuaron de 5,3 a 3,8 (CV= 10 %), lo cual indica que ambos tratamientos afectaron en igual medida las plantas tratadas en cada uno de ellos, reflejando poca variación en

el efecto sobre el Índice de esbeltez. Sin embargo, todos los tratamientos presentaron índices menores de 6,0 (Cuadro 2).

El Índice de esbeltez (IE), es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. Este índice debe ser menor a seis, ya que valores bajos o menores de 6, indican plantas de poca altura y diámetro grueso, asociados a una mejor calidad de la planta; aptos para sitios con limitación de humedad, en cambio valores altos o mayores de 6, indican una desproporción entre el crecimiento en altura y diámetro, por ejemplo, tallos elongados con diámetros delgados. Valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequías y heladas (Rodríguez, 2008; Prieto et al., 2003; Prieto et al., 2009; Sáenz et al., 2010).

Se ha observado que plantas que presentan índices de esbeltez intermedios presentan los mayores crecimientos en campo, mientras que plantas “achaparradas” y las muy “ahiladas” (índices de esbeltez bajos y altos, respectivamente), presentan un menor desarrollo. Las relaciones positivas entre el tamaño de la parte aérea y el desarrollo de las plantas en campo también ocurren con el tamaño del sistema radical (Romero et al., 1986; Dey y Parker, 1997; Mattsson, 1997; Villar et al., 2003).

En relación a esta observación, los tratamientos evaluados presentan valores menores a 6, que según las observaciones anteriores generan plantas de alta calidad.

En la relación de biomasa seca aérea y radicular, los tratamientos de mejor calidad resultaron aspersión con *ProGibb®* a 800 µg/L y aspersión con *GiberGrop®* a 600 µg/L, con índices promedio de 2,9 y 2,8, respectivamente. Los valores registrados en el primero de ellos varío entre 4,3 a 2,4 (CV = 24 %); en el segundo, de 2,9 a 2,7 (CV

= 4 %), lo cual indica que este tratamiento afecto en igual medida las plantas tratadas, reflejando poca variación en el efecto sobre la relación de biomasa seca. Todos los tratamientos presentaron índices mayores de 2,5 (Cuadro 2).

En la actualidad se carece de suficiente información acerca de qué rangos de relación de biomasa seca se pueden considerar óptimos para las distintas especies forestales tropicales. Para las coníferas norteamericanas, se han propuesto óptimos

Cuadro 2. Valores máximos, mínimos, medias y coeficientes de variación de los Índices de calidad de planta en los diferentes tratamientos y muestreos.

Trat	Muestreo	IE				RBIO				ICD			
		MAX	X	MIN	CV (%)	MAX	X	MIN	CV (%)	MAX	X	MIN	CV (%)
T1	M1	6,9	6,7	6,6	2,4	4,0	3,3	2,7	19	0,09	0,07	0,05	23
	M2	6,0	5,6	5,0	9	3,1	2,8	2,1	19	0,20	0,18	0,14	18
	M3	5,2	5,1	5,0	2	4,9	4,4	3,6	16	0,77	0,58	0,47	28
	M4	5,7	5,2	4,4	10	3,9	3,2	2,5	16	1,24	0,82	0,56	33
T2	M1	5,8	5,4	4,8	9	3,0	2,8	2,6	9	0,13	0,12	0,11	7
	M2	7,1	6,1	4,6	21	3,7	3,3	2,6	18	0,14	0,12	0,11	13
	M3	5,1	5,0	4,8	2	3,7	3,0	2,6	18	0,61	0,52	0,41	19
	M4	5,1	4,5	3,7	14	3,9	3,0	2,4	21	1,21	0,89	0,43	34
T3	M1	6,1	6,0	5,7	4	4,1	3,4	2,6	22	0,09	0,09	0,09	3
	M2	6,6	6,4	6,2	4	3,8	2,7	2,1	34	0,21	0,17	0,14	20
	M3	5,8	5,5	5,2	6	2,8	2,6	2,4	9	0,38	0,35	0,28	17
	M4	5,9	5,4	4,8	9	3,8	3,6	3,3	6	1,00	0,78	0,49	21
T4	M1	6,3	5,7	5,3	10	4,7	3,9	3,1	21	0,10	0,08	0,07	16
	M2	6,6	6,0	5,4	10	3,4	3,2	3,0	7	0,18	0,16	0,15	9
	M3	5,9	5,6	5,5	3	3,6	3,4	3,3	6	0,68	0,56	0,45	20
	M4	6,6	5,3	4,6	14	4,3	2,9	2,4	24	1,05	0,70	0,37	34
T5	M1	6,5	5,9	5,4	9	3,3	3,0	2,4	17	0,13	0,11	0,09	16
	M2	6,3	6,1	5,8	5	3,8	3,2	2,8	17	0,20	0,18	0,16	10
	M3	7,9	5,9	3,9	33	5,4	4,6	4,1	15	0,85	0,51	0,20	64
	M4	5,3	4,6	3,8	10	2,9	2,8	2,7	4	1,36	0,99	0,60	24

comprendidos entre 1,5 y 2,2 (Thompson, 1985; Romero et al., 1986), particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación. Para plantas forestales de clima templado, Sáenz et al. (2010) utilizan los valores 1,5 – 2,0 para calidad alta, 2,0 – 2,5 calidad media y > 2,5 calidad baja. De acuerdo a lo anterior, todas las plantas muestreadas en los diferentes tratamientos y muestreos, presentaron valores mayores a 2,5, lo cual según los autores citados se considera un balance bajo, ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta, además de proporcionarle un menor anclaje ante condiciones eólicas moderadas a fuertes, indicando una desproporción importante reduciendo la posibilidad de sobrevivencia en campo.

En relación a esta observación, Mateo et al., (2011), indica que en especies de latifoliadas tropicales, la relación PSA/PSR es deseable que sea mayor a 2,0, sobre todo para plantas destinadas a sitios con disponibilidad de agua conforme al tipo de vegetación (selva alta perennifolia, con precipitación de 0 a 750 msnm), por lo que se considera que los resultados obtenidos en todos los tratamientos son adecuados para caoba. Según estos autores, la mejor calidad de planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente grande y la raíz mediana, lo que puede garantizar una mayor supervivencia, ya que evita que la absorción exceda la capacidad de transpiración, dado que el hábitat de distribución natural de la caoba es de mediana a alta humedad. En consecuencia, las plantas producidas en este ensayo serían adecuadas para los lugares en que normalmente se desarrolla esta especie.

En el Índice de calidad de Dickson (ICD), los tratamientos de mejor calidad resultaron la aspersión con ProGibb® a 200

µg/L y aspersión con GiberGrop® a 600 µg/L, con índices promedio de 0,89 y 0,99, respectivamente. Los valores registrados en el primero de ellos, fluctuó de 1,21 a 0,43 (CV = 34 %); en el segundo de 1,36 a 0,60 (CV = 24 %), lo cual indica que las plantas tratadas con ambos tratamientos reflejan gran variabilidad en el Índice de calidad de Dickson. Sin embargo, todos los tratamientos presentaron índices mayores de 0,70 (Cuadro 2).

Este índice es considerado como el mejor parámetro para evaluar la calidad de la planta (Sáenz et al., 2010). Los mismos autores lo clasifican en alta, media y baja calidad con rangos de valores de: > 0,5, 0,2 – 0,5 y < 0,2, respectivamente. En ese sentido las plantas de todos los tratamientos corresponden a plantas de alta calidad por presentar valores superiores a 0,50. De acuerdo a este índice se podría interpretar que las plantas tratadas con GiberGrop® **son más equilibradas en cuanto a robustez y distribución de biomasa total confiriéndole mayores posibilidades de sobrevivencia en campo.**

Calidad de planta según el análisis de varianza conjunto (total de muestreos):

Este análisis conjunto es para la totalidad de plantas muestreadas durante el transcurso del ensayo, tanto muestreos como tratamientos (75 plantas en total). En general, refleja la calidad de las plantas durante la etapa de vivero.

El análisis refleja que para los muestreos realizados se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,0001$) en los Índices de esbeltez y calidad de Dickson y diferencia significativa ($P = 0,0247$) en la relación de biomasa seca aérea y radicular. No se presentan diferencias significativas entre tratamientos para ninguno de los índices (Cuadro 3).

Para el Índice de esbeltez, las medias de los valores de las plantas muestreadas en los diferentes tratamientos y en los cuatro muestreos, indican que la aspersión con ProGibb® a 400 µg/L presentó el valor más alto (5,7), seguido de aspersión con ProGibb® a 800 µg/L (5,6) y posteriormente aspersión con solo agua (5,5).

En el Cuadro 4 se observa que las plantas tratadas con los tratamientos de ProGibb® a 200 µg/L y GiberGrop® a 600 µg/L, se pueden considerar como las de mejor Índice de esbeltez, indicando plantas

de poca altura y diámetro grueso, asociados a una mejor calidad de la planta; aptos para sitios con limitación de humedad.

Para el Índice de calidad de Dickson las plantas de mejor índice resultaron las plantas tratadas con GiberGrop® (IcD = 0,6). En ese sentido, las plantas tratadas con este tratamiento corresponden a plantas de mejor calidad y las plantas de los demás tratamientos se pueden considerar de calidad media, por presentar valores entre 0,4 – 0,5. De acuerdo a este índice se podría interpretar que el tratamiento con GiberGrop® produce

Cuadro 3: Análisis de varianza tomando en cuenta la totalidad de muestreos.

Variable dependiente	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Índice de esbeltez (IE)	Muestreo	3	14,43	4,81	11,15	<0,0001**
	Tratamiento	4	3,06	0,766	1,78	0,1467
	Muestreo*tratam	12	6,05	0,504	1,17	0,3284
Índice de calidad de Dickson (IcD)	Muestreo	3	7,55	2,52	72,9	<0,0001**
	Tratamiento	4	0,156	0,039	1,14	0,3488
	Muestreo*tratam	12	0,256	0,021	0,62	0,8179
Relación de biomasa seca (Rbio)	Muestreo	3	3,08	1,026	3,37	0,0247*
	Tratamiento	4	1,09	0,274	0,90	0,4705
	Muestreo*tratam	12	13,05	1,087	3,57	0,0006**

*Significativo al 5%; **altamente significativo

Cuadro 4. Valores máximos, mínimos, medias y coeficientes de variación de los Índices de calidad de planta en los diferentes tratamientos para el total de muestreos realizados (Total: 15 plantas muestreadas por tratamiento).

TRAT	IE				IcD				RBIO			
	Max	X	Min	CV (%)	Max	X	Min	CV (%)	Max	X	Min	CV (%)
T1	6,8	5,5 ^{ab}	4,5	13	1,25	0,49 ^a	0,05	75	4,9	3,4 ^a	2,2	22
T2	7,1	5,1 ^b	3,8	18	1,21	0,5 ^a	0,11	80	3,9	3,0 ^a	2,4	18
T3	6,6	5,7 ^a	4,8	9	1,00	0,4 ^a	0,09	74	4,1	3,2 ^a	2,1	20
T4	6,6	5,6 ^{ab}	4,6	11	1,05	0,4 ^a	0,07	71	4,7	3,3 ^a	2,4	20
T5	7,9	5,4 ^{ab}	3,8	19	1,36	0,6 ^a	0,09	78	5,4	3,3 ^a	2,4	24

Tratamientos con medias de igual letra no son significativamente diferentes.

plantas más equilibradas en cuanto a la robustez y la distribución de la biomasa total, confiriéndole mayores posibilidades de sobrevivencia en campo.

En relación a los muestreos, la media de los valores del Índice de esbeltez durante el primer muestreo presentó un valor de 5,9. Para el segundo muestreo el valor más alto (6,0), disminuyendo para el tercer y cuarto muestreo (5,4 y 5,0, respectivamente). Lo anterior indica que en el muestreo realizado al final de la etapa de vivero (135 dds), las plantas muestreadas presentaron un valor menor a 6, pudiendo considerarse plantas robustas y de tallo vigoroso. Además, Thompson (1985) considera que los valores de este índice, superiores a 6, son inadecuados pues la planta puede sufrir daños por el viento, la sequía o el frío. (Cuadros 4 y 5).

Se observa que no existen diferencias significativas entre el primer y segundo muestreo. Las diferencias se presentan a partir del tercer muestreo, cuando las plantas llegan a 105 días después de la siembra. Igual situación se presenta para el Índice de calidad de Dickson, ya que las plantas muestreadas comienzan a mostrar diferencias significativas a partir de esta edad. En cambio, la relación de biomasa seca presenta resultados muy irregulares (Cuadro 5).

Para otras especies de la familia Meliaceae, con *Swietenia macrophylla*, *Swietenia humilis* y *Swietenia mahagoni*, existen investigaciones relacionadas con los caracteres morfológicos e índices de calidad de planta, en diferentes edades de plantas en vivero, aplicando mejoradores de suelo, variando el tamaño de los envases o en diferentes densidades de siembra. Los resultados de estas investigaciones coinciden en gran parte con los resultados de la presente investigación, la cual analiza el efecto de hormonas vegetales en la calidad de plantas de caoba (*S. macrophylla* King) en vivero.

Por ejemplo, Rueda et al. (2013), Rueda et al. (2012) y Orozco et al. (2010), evaluaron las características morfológicas para especies latifoliadas de clima tropical, entre ellas *S. humilis* Zucc. Calcularon la relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (PSA/PSR), el Índice de esbeltez (IE), y el Índice de Calidad de Dickson (ICD). Estos parámetros se estimaron con intervalos de calidad alta (A), media (M) y baja (B) para cada variable, de acuerdo a lo propuesto por Sáenz et al. (2010) para las coníferas y latifoliadas de clima templado y tropical. También, tomaron en cuenta los parámetros de calidad de planta definidos por Santiago et al. (2007). Los intervalos de calidad fueron para el Índice de esbeltez: bajo (≥ 8.0), medio ($7.9 - 6.0$) y alto (< 6.0). Para Relación PSA

Cuadro 5. Valores máximos, mínimos, medias y coeficientes de variación de los Índices de calidad de planta en los diferentes muestreos para el total de tratamientos (Total: 15 plantas por muestreo; en el muestreo 4 un total de 30 plantas).

MUESTREO	Ie				IcD				Rbio			
	Max	X	Min	CV	Max	X	Min	CV	Max	X	Min	CV
M1 (45 dds)	6,9	5,9 ^a	4,9	10	0,13	0,09 ^c	0,05	22	4,7	3,3 ^{ab}	2,4	20
M2 (75 dds)	7,1	6,0 ^a	4,6	11	0,21	0,16 ^c	0,11	19	3,8	3,0 ^b	2,1	19
M3 (105 dds)	7,9	5,4 ^b	3,9	15	0,86	0,50 ^b	0,20	35	5,4	3,6 ^a	2,4	25
M4 (105 dds)	6,6	5,0 ^b	3,8	13	1,36	0,84 ^a	0,37	30	4,3	3,1 ^b	2,4	18

Muestreos con medias de igual letra no son significativamente diferentes.

/ PSR: bajo (≥ 2.5), medio (2.4 – 2.0) y alto (< 2.0). En relación al Índice de calidad de Dickson: bajo (< 0.2), medio (0.2 – 0.4) y alto (≥ 0.5).

Para *S. macrophylla*, Santiago et al. (2007) señalan como parámetros de calidad para plantas producidas en contenedor una altura de 20 – 25 cm; diámetro del cuello de 4 - 4.5 mm; relación altura/diámetro 5 – 6 (a menor valor, mayor vigor de la planta) a una edad de 4 meses.

Conclusiones

Esta investigación contribuye a estimar la calidad de planta producida, utilizando hormonas vegetales.

El uso de GiberGrop® influyó en un mejor comportamiento morfológico en plantas de caoba, lo que contribuye a elevar la probabilidad de éxito en la plantación.

Para el Índice de esbeltez, las plantas tratadas con ProGibb® a 200 $\mu\text{g/L}$ y las de aspersión con GiberGrop® a 600 $\mu\text{g/L}$, resultaron las de mejor Índice, indicando plantas de poca altura y diámetro grueso, asociados a una mejor calidad de la planta, aptas para sitios con limitación de humedad.

Las plantas de mejor Índice de calidad de Dickson resultaron las plantas tratadas con GiberGrop®, correspondiendo a plantas de alta calidad, lo que significa plantas más equilibradas en cuanto a la robustez y la distribución de la biomasa total confiriéndole mayores posibilidades de sobrevivencia en campo. Las plantas del tratamiento de aspersión con solo agua y aspersiones con las diferentes dosis de ProGibb®, resultaron de calidad media.

En la relación de biomasa seca aérea y radicular (Rbio), los tratamientos de mejor calidad resultaron aspersión con ProGibb

a 800 $\mu\text{g/L}$ y aspersión con GiberGrop® a 600 $\mu\text{g/L}$.

Estos resultados sugieren que, plantas de alta calidad se logran al combinar auxinas con giberelinas, posibilidad que se presenta con el uso del producto GiberGrop®.

Referencias Bibliográficas:

- Dey D y Parker W. 1997. Morphological indicators of stock quality and field performance of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings underplanted in a central Ontario shelterwood. *New Forests*, 14: 145-156.
- Díaz P, Torres D, Sánchez Z y Arévalo L. 2013. Comportamiento morfológico de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en respuesta al tipo de sustrato en vivero. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, 22 (1-2): 25-33.
- Dickson A, Leaf A y Hosner J. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36: 10-13.
- Escamilla N. 2014. Efecto de fertilizantes de liberación controlada en el crecimiento de *Tectona grandis*, etapa vivero. Tesis de Maestra en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, H. Cárdenas, Tabasco, México.
- González E, Cobas M, Bonilla M, Sotolongo R, Castillo I, García I y Medina M. 2014. Experiencias en la producción de plantas cultivadas en los viveros forestales en contenedores. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2 (2): 1-13.
- LLamozas S, Duno R, Meier W, Riina R, Stauffer F, Aymar G, Huber O y Ortiz R. 2003. Libro Rojo de la Flora Venezolana. PROVITA – Fundación Polar – Fundación Instituto Botánico de Venezuela, Dr. Tobías Lasser. Caracas, Venezuela. 555 p.

- Mateo J, Vázquez, R, Pérez S, Mohedano L y Capulín J. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 7 (1): 123-132.
- Mattsson A. 1997. Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests* 13: 227-252.
- Negreros P, Apodaca M y Mize C. 2010. Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y Bosques*, 16 (2):7-18.
- Orozco G, Muñoz H, Rueda, A, Sígala J, Prieto J, García J. 2010. Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Rev. Mex. Cien. For.*, 1(2): 134-145.
- Pennington, T. 1981. *Meliaceae. Fl. Neotrop. Monogr.*, 28: 1 – 470.
- Prieto J, Vera C y Merlín B. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, México. 24 p.
- Prieto J, García R, Mejía B, Huchín A y Aguilar J. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAPSAGARPA. Durango, México. 48 p
- Roa J y Kamp U. 2012. Uso del índice topográfico de humedad (ITH) para el diagnóstico de la amenaza por desborde fluvial, estado Trujillo-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 53(1): 109-126.
- Rodríguez D. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal.MX, Mundi Prensa México.MX. 156 p.
- Romero, A, Ryder J, Fisher J y Mexal J. 1986. Root system modification of container stock for arid land plantation. *Forest Ecology and Management*, 16: 281-290.
- Rueda A, Benavides J, Prieto J, Sáenz J, Orozco G y Molina A..2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Rev. Mex. Cien. For.*, 3 (14): 69–82.
- Rueda A, Benavides J, Sáenz J, Muñoz H, Prieto J y Orozco G. 2013. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Rev. Mex. Cien. For.*, 5 (22): 58–73.
- Sáenz J, Villaseñor F, Muñoz H, Rueda A y Prieto J. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 p.
- Sánchez S y Murillo O. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: Estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). *Agronomía Costarricense*, 28(2): 95-106.
- Santiago O, Sánchez M, Monroy R y Salazar J. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto Técnico Núm. 44. Veracruz, México. 73 p.
- Stewart, J y Bernier P.1995. Gas exchange and water relations of three sizes of containerized *Picea mariana* seedlings subjected to atmospheric and edaphic water stress under controlled conditions. *Annales des Sciences Forestières*, 52 : 1-9.
- Thompson, B. 1985. Seeling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Durvea, M. L. (ed.). 1985. Proceedings: Evaluating seedling quality:principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Workshop held. October 16-18, 1984. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, 59–71 pp.

Villar P.2003. Capítulo IV Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación En: Restauración de Ecosistemas Mediterráneos, Rey Benayas, J.M.; Espigares Pinilla, T. y Nicolau Ibarra, J.M. (Editores), Universidad de Alcalá / Asociación Española de Ecología Terrestre.