

CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAOBA (*Swietenia macrophylla* King) EN RESPUESTA A EXTRACTOS VEGETALES

GROWTH OF MAHOGANY SEEDLINGS (*Swietenia macrophylla* King) IN RESPONSE TO VEGETABLE EXTRACTS

Percy Diaz-Chuizuta¹, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez^{2*}

¹Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). Jr. Belen Torres de Tello 135, Tarapoto, San Martín, Perú. ²El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto no. 26, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000. (valdesandrea@yahoo.com.mx)

RESUMEN

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) requiere nutrientes para que las plantas muestren buena calidad durante su crecimiento en vivero. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta a extractos foliares de *Ricinus communis* L., *Solanum torvum* Sw. y frutos de *Solanum mammosum* L. en plántulas de caoba. La hipótesis fue que estos extractos mejoran la calidad de las plántulas. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos: T1) *R. communis* L., T2) *S. torvum* Sw., T3) *S. mammosum* L., y T4) testigo sin extracto vegetal, y con cuatro repeticiones de 45 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron morfológicas (tasas de crecimiento de altura y diámetro de tallo, y longitud y número de raíces) y de calidad (peso seco, índice de robustez e índice de calidad de Dickson). Los datos se analizaron mediante ANDEVA de una vía y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los tratamientos se aplicaron a las plántulas a los 15 d de emergencia y los extractos se aplicaron vía foliar cada 15 d, con dosis de 60 mL 20 L⁻¹ de cada extracto. Las unidades se midieron cada 15 d, durante 60 d. La aplicación de los extractos produjo tasas de crecimiento y pesos secos 38% superiores respecto a los testigos. El extracto de *R. communis* obtuvo las tasas más altas y el mejor índice de calidad de Dickson (0.28). Por lo tanto, el extracto de esta especie fue la mejor alternativa orgánica para mejorar el crecimiento y la calidad de las plántulas de caoba en vivero.

Palabras claves: *Swietenia macrophylla* King, extractos orgánicos, índice de calidad de Dickson, plántulas.

ABSTRACT

Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) requires nutrients for the plants to present good quality during their growth in a nursery. The objective of the present study was to evaluate the response to foliar extracts of *Ricinus communis* L., *Solanum torvum* Sw. and fruits of *Solanum mammosum* L. in mahogany seedlings. The hypothesis was that these extracts improve the quality of the seedlings. The experimental design was completely randomized, with four treatments: 1) *R. communis* L., 2) *S. torvum* Sw., 3) *S. mammosum* L., and T4) control without vegetable extracts, and four replications of 45 experimental units. The variables evaluated were morphological (rates of growth in height and stem diameter, and length and number of roots) and of quality (dry weight, robustness index and Dickson quality index). The data were analyzed through one-way ANOVA and the means were compared with the Tukey test ($p \leq 0.05$). The treatments were applied to the seedlings at 15 d of emergence and the extracts were applied to the foliar surfaces every 15 d, with a dose of 60 mL 20 L⁻¹ of each extract. The units were measured every 15 d, during 60 d. The application of the extracts produced growth rates and dry weights 38% higher with respect to the controls. The extract of *R. communis* obtained the highest rates and the best Dickson quality index (0.28). Therefore, the extract of this species was the best alternative for improving growth and quality of the mahogany seedlings in the nursery.

Key words: *Swietenia macrophylla* King, organic extract, Dickson quality index, seedlings.

INTRODUCTION

Caoba (*Swietenia macrophylla* King) is a species of economic importance because of the quality of its wood, although the

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

Recibido: abril, 2019. Aprobado: febrero, 2020.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 673-681. 2020.

INTRODUCCIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es una especie con importancia económica por la calidad de su madera, aunque el tiempo aproximado para su cosecha es 30 años (García *et al.*, 2011) y, por lo tanto, para aumentar el crecimiento de las plántulas se usan fertilizantes e insecticidas químicos, pero su uso repetido contamina suelos y aguas (De Puerto *et al.*, 2014). Para reducir los impactos ambientales y mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas agroforestales, se recomienda el uso de productos orgánicos a base de extractos de plantas, ya que estos compuestos contienen nutrientes solubles que pueden favorecer el crecimiento de las plantas y promover un desarrollo más robusto, pero sin los efectos perjudiciales de los fertilizantes químicos (Rivera-Cruz *et al.*, 2010). Los extractos de plantas pueden aplicarse como fitoprotectores o bioestimulantes o ambos para incrementar la talla y la biomasa foliar; como es el caso de los extractos de algas marinas (Araújo *et al.*, 2012) o de vegetales de distintas especies de plantas medicinales, que además protegen contra fitopatógenos (Muthukumar *et al.*, 2010). En específico, la especie leguminosa *Ulex europaeus* L., al aplicarse en extractos acuosos sobre plantas de *Capsicum annuum* L., incrementa la producción foliar, la biomasa total y el contenido de polifenoles (Tighe-Neira *et al.*, 2016). Los extractos acuosos de las hojas y peciolas de *M. oleifera* pueden aumentar la talla y la biomasa de *Eruca vesicaria* (Mona, 2013), por lo que se recomiendan para aplicar como bioestimulante en diferentes cultivos.

En relación con la higuera (*Ricinus communis* L.), los desechos de esta planta contienen altos niveles de N, que al aplicarse en dosis bajas mejora el crecimiento de las plantas sobre las cuales se aplicó (Lima *et al.*, 2011). La ricina producida por la higuera posee propiedades insecticidas que dan protección a las plantas (Flores-Macías *et al.*, 2016), y el tomatillo (*Solanum torvum* Sw.) se utiliza en el control de *Escherichia coli* (Domínguez-Odio *et al.*, 2012) y tiene efecto *in vitro* como ovicida y larvicida contra *Haemonchus contortus* en animales menores (Kamaraj y Abdul, 2011). La teta de vaca (*Solanum mammosum* L.) se utiliza para mejorar el crecimiento y desarrollo del inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (Díaz *et al.*, 2014). Nava-Pérez *et al.* (2012) mencionan que *S. mammosum* tiene propiedades molusquicidas

aproximate time for its harvest is 30 years (García *et al.*, 2011); therefore, fertilizers and chemical insecticides are used to increase the growth of the seedlings. However, their repeated use contaminates soils and water (De Puerto *et al.*, 2014). To reduce environmental impact and improve profitability and sustainability of the agroforest systems, it is recommendable to use organic products based on plant extracts, given that these compounds contain soluble nutrients that can favor the growth of the plants and promote a more robust development, but without the harmful effects of the chemical fertilizers (Rivera-Cruz *et al.*, 2010). Plant extracts can be applied as phyto-protectors or bio-stimulants or both to increment the stem and foliar biomass, as is the case of the extracts of marine algae (Araújo *et al.*, 2012) or of different species of medicinal plants, which also protect against phytopathogens (Muthukumar *et al.*, 2010). In detail, the leguminous species *Ulex europaeus* L., when applied in aqueous extracts on plants of *Capsicum annuum* L., increases foliar production, total biomass and the content of polyphenols (Tighe-Neira *et al.*, 2016). The aqueous extracts of the leaves and petioles of *M. oleifera* can increment the stem and biomass of *Eruca esicaria* (Mona, 2013), and thus are recommended for applying as bio-stimulants in different crops.

With respect to the castor bean (*Ricinus communis* L.), the residue of this plant contains high levels of N, which when used in low doses improves the growth of the plants to which it is applied (Lima *et al.*, 2011). The ricin produced by the castor bean plant presents insecticide properties which offers protection to plants (Flores-Macías, *et al.*, 2016), and the turkey berry (*Solanum torvum* Sw.) is used in the control of *Escherichia coli* (Domínguez-Odio *et al.*, 2012) and has an effect *in vitro* as an ovicide and larvicide against *Haemonchus contortus* in small animals (Kamaraj and Abdul, 2011). Nipplefruit (*Solanum mammosum* L.) is used to improve the growth and development of the inchi plant (*Plukenetia volubilis* L.) (Díaz *et al.*, 2014). Nava-Pérez *et al.* (2012) mention that *S. mammosum* has molluscicide properties due to the contents of steroidal alkaloids present in the fruits. However, in the reviewed literature no research was found about the use of these species as biofertilizers for mahogany plants. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the effect of the extracts of *R. communis*, *S. torvum* and *S. mammosum* on the

debido a los contenidos de alcaloides esteroideos presentes en los frutos. Pero en la literatura revisada no se encontraron investigaciones sobre el uso de estas especies como biofertilizantes para plantas de caoba. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los extractos de *R. communis*, *S. torvum* y *S. mammosum* sobre el crecimiento y la calidad de plántulas de caoba en vivero. La hipótesis fue que los extractos de estas especies tendrán efectos positivos en los atributos de crecimiento y calidad de la caoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP-San Martín (06° 31' 37" S, 76° 17' 56" O, y 311 m de altitud), Perú. Las semillas de caoba provinieron de cinco árboles de la provincia de El Dorado, región San Martín, Perú. Los árboles se seleccionaron por su calidad superior, según el método usado por Vallejos *et al.* (2010). Las semillas pre-germinaron en arena fina y después se sembraron en bolsas almacigueras negras de 4x7 pulgadas y volumen 0.4 L, con sustrato a base de tierra agrícola de la región. Una muestra del sustrato se envió para su análisis al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y los resultados mostraron un pH de 4.85, conductividad eléctrica (CE) 0.37 dSm, materia orgánica (MO) 3.31%, N 1.12%, P 17.0 ppm, K 101.0 ppm, B 1.3 ppm, Cu 2.3 ppm, Fe 3.3 ppm, Mn 4.3 ppm y Zn 5.3 ppm.

Las plantas se regaron cada 2 d y los sustratos se mantuvieron en su capacidad de campo. El control de plagas se realizó con un insecticida organofosforado (O, O-diethyl O-3, 5, 6-trichloropyridin-2-il fosforotioato), que se espolvoreó en dosis de 150 g cada mes alrededor del vivero. Las plantas se colocaron en un vivero protegido con malla sombra de 80%. Durante el periodo experimental en el vivero la humedad relativa promedio fue 81.6% y la temperatura promedio 29.9 °C.

El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos: T1) *R. communis*, T2) *S. torvum*, T3) *S. mammosum*, y T4) testigo sin extracto vegetal; con cuatro repeticiones de 45 unidades experimentales, y la planta fue la unidad experimental. Los extractos se aplicaron vía foliar cada 15 d por 60 d y a partir de los 15 d después de la germinación. La cantidad aplicada fue 50 mL por mochila de 20 L.

La selección de las plantas para elaborar los extractos se realizó así: antes de la floración se recolectaron hojas de higuera y tomatillo, y frutos de teta de vaca, y se cuidó que las plantas estuviesen libres de enfermedades y picaduras de insectos. El material recolectado se secó 7 d al medio ambiente. Las hojas y frutos secos se cortaron en trozos pequeños y se reservó

growth and quality of mahogany seedlings in the greenhouse. The hypothesis was that the extracts of these species will have positive effects on the attributes of growth and quality of the mahogany.

MATERIALS AND METHODS

The investigation was carried out at the Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP-San Martín (06° 31' 37" S, 76° 17' 56" W, and 311 m altitude), Peru. The mahogany seeds came from five trees of the province of El Dorado, in the San Martín region. The trees were selected for their superior quality, according to the method used by Vallejos *et al.* (2010). The seeds were pre-germinated in fine sand and later were sown in black potting bags measuring 4x7 inches with a volume of 0.4 L, with a substrate of agricultural soil of the region. A sample of the substrate was sent for analysis to the soils laboratory of the Universidad Nacional Agraria La Molina, and the results showed a pH of 4.85, electric conductivity (EC) 0.37 dSm, organic matter (OM) 3.31%, N 1.12%, P 17.0 ppm, K 101.0 ppm, B 1.3 ppm, Cu 2.3 ppm, Fe 3.3 ppm, Mn 4.3 ppm and Zn 5.3 ppm.

The plants were irrigated every 2 d and the substrates were maintained at field capacity. Pest control was done with an organophosphate insecticide (O, O-diethyl, O-3, 5, 6-trichloropyridin-2-il phosphorothioate), which was sprinkled in doses of 150 g every month around the nursery. The plants were placed in a nursery protected by a shade mesh of 80%. During the experimental period in the nursery, the average relative humidity was 81.6% and the average temperature 29.9 °C.

The experimental design was completely randomized, with four treatments: T1) *R. communis*, T2) *S. torvum*, T3) *S. mammosum*, and T4) control without plant extract; with four replications of 45 experimental units, and the plant was the experimental unit. The extracts were applied to the foliar surfaces every 15 d for 60 d and starting at 15 d after germination. The amount applied was 50 mL per backpack of 20 L.

The selection of the plants for the extracts was as follows: prior to flowering, leaves of castor bean and turkey berry were collected, as well as fruits of the nipplefruit, and it was verified that the plants were free of disease and insect bites. The collected material was dried for 7 d in the environment. The leaves and fruit were cut in small pieces and 1.0 kg was reserved for each species. This material was placed in 2 L of warm boiled water in a container of dark glass with hermetic seal for its fermentation for 15 d. Next, the solution was filtered for its application (Domínguez-Odio *et al.*, 2012). The plant extracts were refrigerated at 2.0 -4.0 °C (Domínguez-Odio *et al.*, 2012) for

1.0 kg por cada especie. Este material se colocó en 2 L de agua hervida tibia en envase de vidrio oscuro con tapa hermética para su fermentación por 15 d. Después se filtró la solución para su aplicación (Domínguez-Odio *et al.*, 2012). Los extractos vegetales se refrigeraron entre 2.0 - 4.0 °C (Domínguez-Odio *et al.*, 2012) para su conservación. De cada extracto vegetal preparado se extrajeron 500 mL y se analizaron en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para conocer sus nutrientes principales.

Las variables morfológicas evaluadas en la caoba fueron: incremento de diámetro (ID) en mm·d⁻¹; aumento de altura (IA) en cm·d⁻¹; longitud de raíz (LR) en cm y número de raíces. Las raíces se evaluaron al final del experimento.

Los efectos de los extractos sobre el crecimiento de las plantas se determinó con los incrementos diarios del ID e IA, de acuerdo con Díaz *et al.* (2013). Los aumentos se evaluaron mediante la relación $[(t_f - t_i)/n]$, donde t_f es la medida final de la altura o diámetro a los 60 d, t_i es la medida inicial de la altura o diámetro registrado antes de la primera aplicación de los tratamientos y “n” el tiempo que duró la evaluación (60 d). Para las mediciones de altura y diámetro se eligieron 180 plantas por tratamiento (45 plantas por repetición) con alturas de 15 a 15.8 cm y diámetros de 1.5 a 1.9 mm, para disminuir la variabilidad de los datos y observar con mejor claridad los incrementos.

Los atributos de calidad evaluados fueron el peso seco total (PST), la relación peso seco aéreo sobre peso seco radicular (PSA/PSR); el índice de robustez (IR), calculado como el cociente entre la altura y el diámetro del tallo; y el índice de calidad de Dickson (ICD), calculado como el cociente entre el peso seco total y la sumatoria del IR más el PSA/PSR, (Rueda-Sánchez *et al.*, 2014). Los resultados se compararon con los atributos de calidad sugeridos por Rueda-Sánchez *et al.* (2012) y Prieto-Ruiz *et al.* (2007).

Para determinar el PST se seleccionaron 80 plantas de cada tratamiento (20 plantas por cada repetición) y se secaron en estufa a 70 °C por 72 h y hasta peso seco constante. Los pesos secos permitieron obtener la relación PSA/PSR y el índice de calidad de Dickson, donde los valores más altos de ICD indican plantas de mejor calidad (Cuadro 1).

El análisis de los resultados se realizó con ANDEVA de una vía y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), para lo cual se usó el programa estadístico Infostat (versión libre).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis químicos efectuados a los extractos vegetales aplicados a las plántulas de caoba se muestran en el Cuadro 2. Las cantidades de nutrientes en estos extractos se consideran viables para una fertilización vía foliar (Fageria *et al.*, 2009).

their conservation. From each prepared plant extract, 500 mL were extracted and analyzed in the Soils, Plants, Water and Fertilizers Laboratory at the Universidad Nacional Agraria La Molina, to identify its principal nutrients.

The morphological variables evaluated in the mahogany were as follows: increase of diameter (ID) in mm·d⁻¹; increase in height (IH) in cm·d⁻¹; length of root (LR) in cm and number of roots. The roots were evaluated at the end of the experiment.

The effects of the extracts on the growth of the plants was determined with the daily increments of the ID and IH, according to Díaz *et al.* (2013). The increments were evaluated using the ratio $[(t_f - t_i)/n]$, where t_f is the final measurement of height or diameter at 60 d, t_i is the initial measurement of height or diameter registered prior to the first application of the treatments and “n” is the duration time of the evaluation (60 d). For the measurements of height and diameter, 180 plants per treatment were selected (45 plants per replication) with heights of 15 to 15.8 cm and diameters of 1.5 to 1.9 mm, in order to reduce the variability of the data and to observe the increments with more clarity.

The attributes of quality evaluated were total dry weight (TDW), the ratio aboveground dry weight over radicular dry weight (ADW/RDW); the robustness index (RI), which was calculated as the quotient between total dry weight and the sum of the RI plus the ADW/RDW (Rueda-Sánchez *et al.*, 2014). The results were compared with the quality attributes suggested by Rueda-Sánchez *et al.* (2012) and Prieto-Ruiz *et al.* (2007).

To determine the TDW, 80 plants were selected from each treatment (20 plants per replication), which were dried in an oven at 70 °C for 72 h and until they reached constant dry weight. The dry weights made it possible to obtain the ratio ADW/RDW and the Dickson quality index, where the highest values of DQI indicate plants of higher quality (Table 1).

The analysis of the results was made with ANOVA and means were compared with the Tukey test ($p \leq 0.05$), using the statistical program Infostat (free version).

RESULTS AND DISCUSSION

The chemical analyses made to the plant extracts applied to the seedlings are shown in Table 2. The amounts of nutrients in these extracts are considered viable for foliar fertilization (Fageria *et al.*, 2009).

The plants with plant extracts had higher growth rates in height and diameter with respect to the control (Table 3), with *R. communis* 37% in height and 83% in diameter, *S. mammosum* 33% in height and diameter, and *S. torvum* 19 % in height and 28% in diameter. This improvement in growth may be

Cuadro 1. Intervalos de calidad para atributos morfológicos de plántulas.
Table 1. Quality intervals for morphological attributes of seedlings.

Variable	Tipo de planta	Calidad		
		Baja	Media	Alta
Altura (cm)	Latifoliadas	< 12.0	12.0 – 14.9	≥ 15.0
Diámetro (mm)	Latifoliadas	< 2.5	2.5 – 3.9	≥ 4.0
Índice de robustez	Latifoliadas	≥ 8.0	7.9 – 6.0	< 6.0
Relación PSA/PSR [†]	Todas	≥ 2.5	2.4 – 2.0	< 2.0
Índice de Dickson	Todas	< 0.2	0.2 – 0.4	≥ 0.5

[†]Relación peso seco aéreo (PSA) sobre peso seco radicular (PSR). ♦ Ratio aboveground dry weight (ADW) over radicular dry weight (RDW).

Fuente: Modificado de Prieto *et al.* (2007) y Rueda *et al.* (2012). ♦ Source: Modified from Prieto *et al.* (2007) and Rueda *et al.* (2012).

Cuadro 2. Análisis químico de los extractos vegetales aplicados a los plantones de caoba.
Table 2. Chemical analysis of the plant extracts applied to the mahogany seedlings.

Análisis	Unidad	<i>R. communis</i> (T1)	<i>S. torvum</i> (T2)	<i>S. mammosum</i> (T3)
pH		4.32	5.29	4.28
Conductividad eléctrica	dSm	5.44	12.7	3.16
Sólidos totales	g L ⁻¹	13.16	27.48	7.92
MO en solución	g L ⁻¹	9.52	18.24	5.92
N total	mg L ⁻¹	662.7	1316	210
P total	mg L ⁻¹	150.2	457.7	15.89
K Total	mg L ⁻¹	1520	1580	794
Ca total	mg L ⁻¹	351	158.2	85.8
Mg total	mg L ⁻¹	77	202	40
Na total	mg L ⁻¹	12.2	23.6	14.8
Fe total	mg L ⁻¹	1.94	6.3	1.76
Cu total	mg L ⁻¹	0.36	0.82	0.18
Zn total	mg L ⁻¹	1.11	1.72	0.58
Mn total	mg L ⁻¹	0.8	2.4	0.16
B total	mg L ⁻¹	4.25	3.93	0.95

MO: materia orgánica. ♦ MO: organic matter.

Fuente: Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2014). ♦ Source: Laboratory of the Universidad Nacional Agraria La Molina (2014).

Las plantas con extractos vegetales tuvieron tasas de crecimiento superiores en altura y diámetro respecto al testigo (Cuadro 3), con *R. communis* 37% en altura y 83% en diámetro, *S. mammosum* 33% en altura y diámetro, y *S. torvum* 19% en altura y 28% en diámetro. Esta mejora en crecimiento se puede atribuir la penetración de los extractos a través de la cutícula, la cual posee una red de polisacáridos que contribuye al transporte de agua y solutos; o bien por los estomas, que permiten la difusión de los líquidos a lo largo de sus paredes (Fernández *et al.*, 2015).

attributed to the penetration of the extracts through the cuticle, which has a network of polysaccharides that contribute to the transport of water and solutes; or through the stomas which permit the diffusion of the liquids along their walls (Fernández *et al.*, 2015). Foliar nutrition can mobilize nutrients to organs where it is not applied, such as roots and vascular and storage tissue, which has a significant benefit for the entire plant (Fernández *et al.*, 2015). In this sense, the contributions of N, Fe, and Mn provided by the extracts were limited in the

Cuadro 3. Variables morfológicas y de calidad en plántulas de caoba evaluadas con tres extractos vegetales.
Table 3. Morphological variables and quality in mahogany seedling evaluated with three plant extracts.

Variables morfológicas y de calidad	Extractos vegetales			
	<i>R. communis</i> (T1)	<i>S. torvum</i> (T2)	<i>S. mammosum</i> (T3)	Testigo (T4)
I. D. (mm d ⁻¹)	0.033a	0.023b	0.024b	0.018c
I. A. (cm d ⁻¹)	0.213a	0.186c	0.208b	0.156d
Número de raíces	54.250a	42.500b	51.000a	39.500b
Longitud de raíz (cm)	15.353b	16.675a	13.850c	14.250c
Peso seco total (g)	3.193a	2.269c	2.715b	1.977d
Índice de robustez	7.492d	7.917c	8.844a	8.403b
Relación PSA/PSR	3.950b	3.504c	4.938a	3.496c
Índice de calidad de Dickson	0.279a	0.206b	0.180c	0.160d

I. D.: incremento en diámetro; I. A.: incremento en altura; PSA/PSR: Relación peso seco aéreo sobre peso seco radicular. Medias con letras distintas en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey; $p < 0.05$). ♦ I.D.: increment in diameter; I.A. increment in height; ADW/RDW: Ratio aboveground dry weight over radicular dry weight. Means with different letters in a row are statistically different (Tukey; $p < 0.05$).

La nutrición foliar puede movilizar nutrientes hasta órganos donde no se aplica, tales como las raíces y los tejidos vasculares y de almacenamiento, lo que tiene un beneficio significativo para toda la planta (Fernández *et al.*, 2015). En este sentido, los aportes de N, Fe, y Mn que proporcionaron los extractos estaban limitados en el suelo agrícola usado como sustrato y, por tanto, la fertilización foliar permitió compensar estas deficiencias y favoreció el desarrollo de tallos y follaje (Fageria *et al.*, 2009). El crecimiento de las plantas también promovió la formación de nuevas raíces, lo cual se relaciona con una mayor capacidad para obtener recursos y sobrevivir (Cuesta *et al.*, 2010). Otro elemento que favorece el desarrollo, y que se encontró en los extractos vegetales es el zinc, porque es precursor de la producción de auxinas que promueven división y elongación celular, e influye en la reactividad del ácido indolacético que actúa como fitoestimulante hormonal (Méndez-Argüello *et al.*, 2016).

La aplicación de *R. communis* produjo tasas de crecimiento en altura y diámetro superiores 18% a *S. torvum* y 6% a *S. mammosum* (Cuadro 3). Estos valores pudieron deberse al mayor contenido de Ca del extracto de *R. communis* (122% más que *S. torvum* y 309% más que *S. mammosum*) y B (8% más que *S. torvum* y 347% más que *S. mammosum*). Estos dos elementos son fundamentales para el desarrollo de las yemas apicales y de las puntas de las raíces, porque promueven nuevos brotes y raíces (Sathi *et al.*, 2017).

agrícola used as substrate and, therefore, the foliar fertilization compensated for these deficiencies and favored the development of stems and foliage (Fageria *et al.*, 2009). The growth of the plants also favored the development of new roots, which is related to a greater capacity for obtaining resources and survival (Cuesta *et al.*, 2010). Another element that favors development, and which was found in the plant extracts is zinc, because it is a precursor of the production of auxins that promote cell division and elongation, and influences the reactivity of the indoleacetic acid that acts as a hormonal phyto-stimulant (Méndez-Argüello *et al.*, 2016).

The application of *R. communis* produced growth rates in height and diameter 18% higher than *S. torvum* and 6% higher than *S. mammosum* (Table 3). These values may be due to the higher content of Ca from the extract of *R. communis* (122% more than *S. torvum* and 309% more than *S. mammosum*) and B (8% more than *S. torvum* and 347% more than *S. mammosum*). These two elements are fundamental for the development of the apical buds and the tips of the roots, because they promote new shoots and roots (Sathi *et al.*, 2017).

The lower increment in diameter and height produced by *S. torvum* may be due to the high amounts of Mg (162% more than *R. communis* and 405% more than *S. mammosum*) or to cations of potassium (K⁺), with which the absorption of the K decreases, thus affecting the development of the plant (Fageria, 2009).

El menor incremento en diámetro y altura que produjo *S. torvum* pudo deberse a los altos contenidos de Mg (162% más que *R. communis* y 405% más que *S. mammosum*) o de cationes de potasio (K⁺), ante los cuales la adsorción del K disminuye, lo que afecta el desarrollo de la planta (Fageria, 2009).

Los mejores atributos de calidad se obtuvieron con el extracto de *R. communis* (Cuadro 2), que generó 41% más biomasa que *S. torvum* y 18% más que *S. mammosum*. Con este extracto también se logró el mejor índice de robustez, el cual determina el balance entre la superficie de transpiración y la resistencia mecánica de la planta, factores que inciden sobre su capacidad de supervivencia y crecimiento, debido a que valores bajos de IR indican una planta con mayor resistencia y con menor probabilidad de daño físico por la acción del viento, sequías o heladas en el sitio de plantación. El IR recomendado para especies arbóreas es menor a 6.0, porque árboles más gruesos se asocian a una mejor calidad e indican plantas más robustas y con tallos vigorosos, mientras que Prieto-Ruiz *et al.* (2007) consideran que el 7.3 corresponde a plantas de calidad media, por estar dentro del rango de 6.0 a 7.9 (Cuadro 1).

Con el extracto de *S. torvum* se obtuvo la misma relación PSA/PSR que con el testigo, mientras que el extracto de *R. communis* tuvo un cociente superior en 13% y el de *S. mammosum* fue superior en 41% con respecto al testigo. Estos porcentajes indican que *R. communis* y *S. mammosum* promovieron el desarrollo del follaje debido al aprovechamiento vía foliar, mientras que con *S. torvum* la absorción de nutrientes fue menor, lo que es congruente con el aumento en la longitud de las raíces (9% más largas que *R. communis*) para buscar recursos en el sustrato. Los valores de IR obtenidos en nuestros experimentos indican plantas de calidad baja, porque son superiores a lo sugerido por Prieto-Ruiz *et al.* (2007) y Rueda *et al.* (2012) (Cuadro 1), mientras que Mateo-Sánchez *et al.* (2011) mencionaron que en especies de latifoliadas tropicales, como en el Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), perteneciente a la misma familia Meliaceae, la relación PSA/PSR puede ser mayor a 2.0 cuando las plantas se encuentran en ambientes con disponibilidad de agua natural (selva alta perennifolia). Además, la mejor calidad de planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente grande y la raíz mediana, lo que puede contribuir a una mayor supervivencia, porque se evita que la absorción exceda la capacidad

The best quality attributes were obtained with the extract of *R. communis* (Table 2), which generated 41% more biomass than *S. torvum* and 18% more than *S. mammosum*. This extract also produced the best robustness index, which determines the balance between the surface transpiration and the mechanical resistance of the plant, factors which influence its capacity for survival and growth, given that low values of RI indicate a plant with greater resistance and with lower probability of physical damage due to wind, drought or frost in the plantation site. The RI recommended for arboreal species is lower than 6.0, because thicker trees are associated with better quality and indicate more robust plants and with vigorous stems, whereas Prieto-Ruiz *et al.* (2007) consider that 7.3 corresponds to plants of medium quality, being in the range of 6.0 to 7.9 (Table 1).

With the extract of *S. torvum*, the same ratio ADW/RDW was obtained as with the control, while the extract of *R. communis* had a quotient 13% higher, and with *S. mammosum*, 41% higher than the control. These percentages indicate that *R. communis* and *S. mammosum* promoted the development of foliage due to foliar absorption, whereas with *S. torvum* the absorption of nutrients was lower. This is congruent with the increase in the length of the roots (9% longer than *R. communis*) for seeking resources in the substrate. The values of RI obtained in our experiments indicate plants of low quality, because they are higher than what was suggested by Prieto-Ruiz *et al.* (2007) and Rueda *et al.* (2012) (Table 1), while Mateo-Sánchez *et al.* (2011) mentioned that in tropical latifoliate species, such as red cedar (*Cedrela odorata* L.), belonging to the same family Meliaceae, the ratio ADW/RDW can be higher than 2.0 when the plants are found in environments with availability of natural water (evergreen forest). Furthermore, the best quality of the plant is obtained when the aboveground part is relatively large and the root medium size, which contributes to greater survival, because it prevents the absorption from exceeding the capacity of transpiration, given that the natural habitat of cedar and mahogany is of high humidity (Mateo-Sánchez *et al.*, 2011).

The highest Dickson quality index obtained with *R. communis* indicates that this extract was the most adequate for the mahogany plants, with good total dry weight, development and balance between the aboveground and belowground fractions.

de transpiración dado que el hábitat natural del cedro y la caoba es de alta humedad (Mateo-Sánchez *et al.*, 2011).

El mayor índice de calidad de Dickson obtenido con *R. communis* indica que este extracto fue el más adecuado para las plantas de caoba, con un buen peso seco total, desarrollo y equilibrio entre las fracciones aérea y radicular.

Aunque el extracto de *S. torvum* tuvo mayor contenido de nutrientes, los atributos morfológicos y de calidad obtenidos con éste fueron menores a los alcanzados por los otros extractos. Tales resultados pueden estar relacionados con su pH superior que pudo dificultar la absorción de los nutrientes (Fernández *et al.*, 2015), su mayor cantidad de Mg que afecta la asimilación de K y por ende de otros nutrientes, como N. Además, el mayor contenido de Na en los extractos de *S. torvum* (93% más que *R. communis* y 59% más que *S. mammosum*) pudo ser otro factor que afectó la absorción foliar de los nutrientes al aplicar las dosis utilizadas, ya que los iones de Na⁺ compiten por la absorción de K⁺ (Jouyban, 2012). El mejor crecimiento y calidad en las plantas que recibieron extracto de *R. communis* se pudo deber a que la proporción de nutrientes fue en cantidades adecuadas para el mejor crecimiento y calidad de plantas de caoba y por su nivel de pH que permitió la mejor absorción de nutrientes (Sathi *et al.*, 2017).

Los resultados del presente estudio demostraron que los extractos utilizados pueden proveer un fortalecimiento estructural, y estimular un desarrollo vigoroso de las plántulas de caoba, lo que permite una mayor resistencia a las condiciones extremas. Sin embargo, los contenidos de nutrientes en los extractos y su interacción con las plantas de esta especie indican una relación compleja que aún requiere más estudios.

CONCLUSIONES

Los extractos vegetales de *R. communis*, *S. torvum* y *S. mammosum* mejoraron los atributos morfológicos y de calidad de las plántulas de caoba en vivero. El extracto de hojas de *R. communis* proporcionó el mejor balance de nutrientes para esta etapa de las plántulas porque incrementó significativamente el crecimiento aéreo y la densidad de las raíces, lo cual repercutió en un mayor desarrollo de biomasa en relación con los otros extractos.

Although the extract of *S. torvum* had a higher content of nutrients, the morphological and quality attributes with this plant were lower than those obtained with the other extracts. These results may be related to its higher pH, which could make the absorption of the nutrients more difficult (Fernández *et al.*, 2015), its higher level of Mg which affects the assimilation of K and thus of other nutrients, such as N. Besides, the higher content of Na in the extracts of *S. torvum* (93% more than *R. communis* and 59% more than *S. mammosum*) might be another factor that affected foliar absorption of the nutrients when applying the doses used, given that the ions of Na⁺ compete for the absorption of K⁺ (Jouyban, 2012). The best growth and quality of the plants which received extract of *R. communis* may be due to the fact that the proportion of nutrients was in adequate amounts for the best growth and plant quality of mahogany and for its level of pH, which permitted better absorption of nutrients (Sathi *et al.*, 2017).

The results of the present study demonstrated that the extracts utilized can provide structural strength and stimulate a vigorous development of the mahogany seedlings, which permits greater resistance to extreme conditions. However, the contents of nutrients in the extracts and their interaction with the plants of this species indicate a complex relationship that requires further studies.

CONCLUSIONS

The plant extracts of *R. communis*, *S. torvum* and *S. mammosum* improved the morphological attributes and quality of the mahogany seedlings in the nursery. The extract of leaves of *R. communis* provided the best balance of nutrients for this stage of the seedlings, given that it significantly increased aboveground growth and root density, which resulted in a greater development of biomass with respect to the other extracts.

—End of the English version—

—*—

LITERATURA CITADA

- Araújo, I., L. Peruch L., and M. Stadnik. 2012. Efeito do extrato de algas e da argila silicatada na severidade da alternariase e na produtividade da cebolinha comum (*Allium fistulosum* L.). *Trop. Plant Pathol.* 37: 363-367.
- Cuesta B., P. Villar-Salvador, J. Puértolas, D. F. Jacobs, and J. M. Rey-Benayas. 2010. Why do large, nitrogen rich seedlings better resist stressful transplanting conditions? A physiological analysis in two functionally contrasting Mediterranean forest species. *For. Ecol. Manage.* 260: 71-78.
- De Puerto Rodríguez, A., S. Suárez, y D. E. Palacio. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev. Cub. Hig. Epidem.* 52: 372-387.
- Díaz C., P., C. Tello S., y L. A. Arévalo L. 2014. Efecto del uso de tutores y aplicación de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de *Plukenetia volubilis* L. "Sacha Inchi". *Folia Amazónica* 23: 119-130.
- Díaz C., P., D. Torres S., Z. M. Sánchez V., y L. A. Arévalo L. 2013. Comportamiento morfológico de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en respuesta al tipo de sustrato en vivero. *Folia Amazónica* 22: 25-33.
- Domínguez-Odio, A., E. Puente-Zapata, I. Y. Pérez-Andrés, y H. Salas-Pérez. 2012. *Solanum torvum*. Toxicidad sobre microorganismos y células espermáticas. *Rev. Méd. IMSS.* 50: 363-370.
- Fageria, N. K., M. P. Barbosa, A. Moreire, and C. M. Guimarães. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant Nutr.* 32: 1044-1064.
- Fernández, V., T., Sotiropoulos and P. Brown. 2015. Principios Científicos y Práctica de Campo. International Fertilizer Industry Association. Paris. 156 p.
- Flores-Macías A., G. Vela-Correa, M. L. Rodríguez-Gamiño, Y. Akhtar, R. Figueroa-Brito, V. Pérez-Moreno, M. A. Rico-Rodríguez, y M. A. Ramos-López. 2016. Effect of potassium nitrate on the production of ricinine by *Ricinus communis* and its insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda*. *Rev. Fitotec. Mex.* 39: 41-47.
- García C., X., S. Rodríguez B., y J. Islas G. 2011. Evaluación financiera de plantaciones forestales de caoba en Quintana Roo. *Rev. Mex. Cienc. For.* 2: 7-26.
- Jouyban, Z. 2012. The effects of salt stress on plant growth. *Tech. J. Eng. Appl. Sci.* 2: 7-10.
- Kamaraj C., and A. Abdul R. 2011. Efficacy of anthelmintic properties of medicinal plant extracts against *Haemonchus contortus*. *Res. Vet. Sci.* 91: 400-404.
- Lima R., L. S., S. S., Liv, L. R., Sampaio, V., Sofiatti, J. A., Gomes, and N. E. M. Beltrão. 2011. Blends of castor meal and castor husks for optimized use as organic fertilizer. *Ind. Crop. Prod.* 33: 364-368. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.008>.
- Mateo-Sánchez, J. J., R. Bonifacio-Vázquez, S. R. Pérez-Ríos, J. Capulín-Grande, y L. Mohedano-Caballero. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.) en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero. *Ra Ximhai* 7: 195-204.
- Méndez-Argüello B., I. Vera-Reyes, E. Mendoza-Mendoza, L. A. García-Cerda, B. A. Puente-Urbina, y R. H. Lira-Saldívar. 2016. Promoción del crecimiento en plantas de *Capsicum annuum* por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova Scientia* 8: 140-156.
- Mona M., A. 2013. The potential of *Moringa oleifera* extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa) plants. *J. Biochem. Sci.* 1: 029-036.
- Muthukumar, A., A. Eswaran, S., Nakkeeran, and G. Sangeetha. 2010. Efficacy of plant extracts and biocontrol agents against *Pythium aphanidermatum* inciting chilli damping-off. *Crop Protect.* 29: 1483-1488.
- Nava-Pérez, E., C. García-Gutiérrez, J. Camacho-Báez, y E. Vázquez-Montoya. 2012. Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai* 8:17-29.
- Prieto-Ruiz, J. A., P. A. Domínguez-Calleros, E. H. Cornejo-Oviedo, y J. J. Nívar-Chaidez. 2007. Efecto del envase y del riego en viveros en el establecimiento de *Pinus cooperi* Blanco en dos condiciones de sitio. *Madera y Bosques* 13:79-97.
- Rivera-Cruz, M. C., A. Trujillo-Narcía, y D. E. Alejo P. 2010. Los biofertilizantes integrados con bacterias fijadoras de N, solubilizadoras de P y sustratos orgánicos en el crecimiento de naranjo agrio *Citrus aurantium* L. *Asociación Inter-ciencia* 35: 113-119.
- Rueda-Sánchez A, J. D. Benavides-Solorio, J. A. Prieto-Ruiz, J. T. Sáenz-Reyez, G. Orozco-Gutiérrez, y A. Molina-Castañeda. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Rev. Mex. Cien. Forest.* 3: 69-82.
- Rueda-Sánchez, A., J. D. Benavides-Solorio, J. T. Saenz-Reyez, H. J. Muñoz-Flores, J. A. Prieto-Ruiz, y G. Orozco G. 2014. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Rev. Mex. Cien. Forest.* 5: 58-73.
- Sathi B, N., A. K. Sinha, P. S. Medda, and A. Ghosh. 2017. Impact of potassium-boron interaction on leaf nutrient content and nut setting of coconut. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 6: 4025-4037.
- Tighe-Neira, R., G. Díaz-Harris, C. Leonelli-Cantergiani, M. Iglesias-González, D. Martínez-Gutiérrez, Morales-Ulloa, y P. Mejías-Lagos. 2016. Efecto de extractos de *Ulex europaeus* L. en la producción de biomasa de plántulas de ají (*Capsicum annuum* L.), en condiciones de laboratorio. *Idesia (Arica)* 34: 19-25.
- Vallejos, J., Y. Badilla, F. Picado, y O. Murillo. 2010. Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Agron. Costarricense* 34: 105-119.

