

Cómo citar este artículo:

Orellana Tobar, S. A. & Anaya Hernández, A. (2021). Efecto del compost de *Eichhornia crassipes* en la calidad de plantas en vivero de *Theobroma cacao*. *Project, Design and Management*, 3(1), 73-88. doi: 10.35992/pdm.v3i1.612

EFFECTO DEL COMPOST DE EICHHORNIA CRASSIPES EN LA CALIDAD DE PLANTAS EN VIVERO DE THEOBROMA CACAO

Samuel Alfredo Orellana Tobar

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

oretobar2011@hotmail.com

Armando Anaya Hernández

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

armando.anaya@unini.edu.mx · <https://orcid.org/0000-0003-3229-0930>

Resumen. El estudio consistió en determinar el efecto del compost de *E. crassipes* en la calidad de las plantas en vivero de *T. cacao*, conocer los porcentajes de compost apropiados para su adición como sustrato y determinar niveles de plomo (Pb), arsénico (As) y mercurio (Hg) en plantas de *E. crassipes*, compost y plantas de *T. cacao*. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 5 tratamientos, 5 repeticiones con 48 plantas cada uno, en un período de experimentación de 4.5 meses. Se usó compost de *E. crassipes* en porcentajes de 10%, 20% y 40% mezclados con tierra en 90%, 80% y 60%. Los tratamientos se identificaron como: T₁ (T10:90), T₂ (T20:80), T₃ (T40:60), un tratamiento relativo T₄ (TR, 100% tierra y fertilización química) y un tratamiento testigo T₅ (TT, 100% tierra). Los resultados del ANOVA demuestran que existe diferencia estadística significativa de los tratamientos en la calidad de las plantas de *T. cacao* para el diámetro, Índice de Calidad de Dickson (ICD) y peso seco total. Los T₁, T₂, T₃ y T₄, fueron estadísticamente superiores al tratamiento testigo T₅ (TT). La altura de planta, índice de esbeltez, y relación peso seco aéreo-peso seco radicular, no presentaron diferencia estadística significativa. La traslocación de Pb a plantas de *T. cacao* fue inexistente. Las plantas del T₃ (T40:60), mostraron amarillamiento clorótico y síntomas de enfermedades en los 45 a los 90 días de germinadas. Se recomienda usar porcentajes de compost de *E. crassipes* no mayores al 20%, para plantas de *T. cacao* en vivero.

Palabras clave: compost de *E. crassipes*, Cerrón Grande, calidad de *Theobroma cacao*, metales pesados.

EFFECT OF EICHHORNIA CRASSIPES COMPOST ON THE QUALITY OF THEOBROMA CACAO NURSERY PLANTS

Abstract. The study consisted of determining the effect of *E. crassipes* compost on the quality of *T. cacao* nursery plants, knowing the appropriate compost percentages for its addition as substrate and determining levels of lead (Pb), arsenic (As) and mercury (Hg) in *E. crassipes* plants, compost and *T. cacao* plants. A completely randomized design was used, with 5 treatments, 5 repetitions with 48 plants each, in an experimentation period of 4.5 months. Compost of *E. crassipes* was used in percentages of 10%, 20% and 40% mixed with soil in 90%, 80% and 60%.

The treatments were identified as: T₁ (T10: 90), T₂ (T20: 80), T₃ (T40: 60), a relative treatment T₄ (TR, 100% soil and chemical fertilization) and a control treatment T₅ (TT, 100 % land). The results of the ANOVA show that there is a statistically significant difference of the treatments in the quality of *T. cacao* plants for the diameter, Dickson's Quality Index (ICD) and total dry weight. The T₁, T₂, T₃ and T₄ were statistically superior to the control treatment T₅ (TT). Plant height, slenderness index, and aerial dry weight-root dry weight ratio did not present statistically significant differences. The translocation of Pb to *T. cacao* plants was non-existent. The plants of T₃ (T40: 60), showed chlorotic yellowing and symptoms of diseases in the 45 to 90 days of germination. It is recommended to use percentages of compost of *E. crassipes* not greater than 20%, for *T. cacao* plants in the nursery.

Keywords: *E. crassipes* compost, Cerrón Grande, quality of the *T. cacao* plants, heavy metals.

Introducción

El Jacinto de Agua (*E. crassipes*), es una planta acuática que crece de manera acelerada en los embalses de agua (Alvarado, 2013). Es considerada como maleza acuática perenne (Madsen y Robles, sf), y catalogada entre las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe et al., 2004). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1996) a nivel mundial *E. crassipes* causa problemas más serios y amplios que ninguna otra maleza acuática flotante. Rzedowski y Rzedowski (2005) mencionan que *E. crassipes* se propaga de tal manera que llega a cubrir los espejos de canales y otros depósitos de agua. Su abundancia y volumen en esos cuerpos de agua llega a imposibilitar la pesca y la navegación. De acuerdo con Barrett y Forno (1982), el origen de *E. crassipes* parece ser la Amazonia brasileña con propagación natural a otras áreas del continente sud-americano e introducido por acción humana a Centro América y el Caribe. La Aquatic Ecosystem Restoration Foundation (AERF, 2014), indica que *E. crassipes* ha sido ampliamente introducida en todas las regiones tropicales del mundo, más recientemente en el lago Victoria, al Este de África.

En El Salvador, el embalse Cerrón Grande (con coordenadas geográficas 14° 03" N y 89° 04" O), constituye el cuerpo de agua dulce continental más grande (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2016), con un área cubierta de 135 km², construido para la presa de la Central Hidroeléctrica Cerrón Grande, con una capacidad nominal de 135 MW, y una generación media anual de 488 GWh (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa [CEL], s.f). Uno de los problemas preponderantes en el embalse Cerrón Grande es la presencia y expansión de *E. crassipes*, que afecta a diversos sectores económicos como la industria pesquera, el turismo y la navegación (Alas, R. 25 de marzo 2016). También, podría afectar las turbinas para la generación hidroeléctrica de la presa Cerrón Grande ("Tesoros naturales en peligro, embalse del Cerrón Grande", 2016). El MARN (2019) calculó una cobertura de 3,000 hectáreas de *E. crassipes*, que equivale a un 22.22% del embalse.

Sonter et al. (2018) mencionan que recientemente el compostaje ha tenido aceptación para el manejo integral de desechos sólidos y malezas acuáticas, etiquetado como un producto ecológico y una solución sostenible de los residuos urbanos y manejo de malezas acuáticas. En ese sentido, Mashavira et al. (2015), evaluaron el efecto del compost de *E. crassipes* en tomate (*Lycopersicon esculentum*), en los atributos de crecimiento, potencial de rendimiento y la acumulación de niveles de metales pesados de plomo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni) y zinc (Zn), en el fruto de tomate; mientras Enríquez (2013), estudió el efecto del compost a base de *Eichhornia crassipes* en lechuga "*Lactuca sativa*", en las variables sobrevivencia, rendimiento en peso (kg), diámetro de la cabeza de la lechuga y concentración de los metales pesados plomo (Pb) y arsénico (As). Como parte del control de *E. crassipes* en el embalse Cerrón Grande, en el período de noviembre 2019 a marzo de 2020 se extrajo 17.34 hectáreas de forma manual y

mecánica usando barcazas cosechadoras de *E. crassipes* (CEL, 2020). Por su parte, la Agencia de Desarrollo Económico Local y el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (ADEL-FIAES, 2014), propusieron elaborar compost a partir de plantas de *E. crassipes* extraído del embalse Cerrón Grande, como una de las alternativas para su uso y manejo sostenible.

En ese contexto, se desarrolló este estudio elaborando compost de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande, y se evaluó su efecto en la calidad de plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en la etapa de vivero. El *T. cacao* es una de las especies con alto potencial ecológico y económico que CEL produce en los viveros forestales de sus Centrales Hidroeléctricas para reforestar la cuenca del río Lempa. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2018), por la importancia socio-ambiental que este cultivo representa, en El Salvador, se cuenta con una “política para el desarrollo de la cadena del cacao”. Por lo que, la producción de plantas de *T. cacao* de calidad en vivero es imprescindible para el éxito de la plantación.

Según Arteaga et al. (2003) el tipo de suelo o sustrato utilizado en la producción de planta es uno de los factores que más influye en la calidad y costo de producción de planta en los viveros, por lo que se requiere contar con alternativas para reducir los costos, garantizando cierta calidad de planta. Prieto (2004), señala que un proceso apropiado en vivero requiere de prácticas culturales relacionadas con sustratos, envases, fertilizantes, micorrizas, riego, prevención y control de plagas y enfermedades.

La calidad de la planta depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas usadas para su reproducción (Prieto et al., 2009). Los parámetros altura y diámetro son considerados estimadores del rendimiento de las plantas después de la siembra (Mexal y Landis, 1990) y pueden cuantificarse con facilidad (Birchler et al., 1998). Además, se usa atributos morfológicos como el índice de esbeltez que relaciona la altura y el diámetro de la planta, la relación del peso seco de la parte aérea y la radicular y el índice de calidad de Dickson, que se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta y la suma del índice de esbeltez y la relación parte aérea-parte radicular (Navarro et al., 2006, Birchler et al., 1998, Dickson et al., 1960, citado por Mateo-Sánchez et al., 2011).

Los objetivos de la investigación consistieron en determinar el efecto del compost de plantas de *E. crassipes* extraídas del embalse Cerrón Grande en la calidad de las plantas de *T. cacao* en la etapa de vivero, a través de los parámetros de altura de la planta, diámetro, índice de esbeltez, relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la parte radicular (PSa/PSr), así como el Índice de Calidad de Dickson (ICD); además, determinar los porcentajes de compost de *E. crassipes* más apropiados para mezclar con tierra para la producción *T. cacao* en la etapa de vivero y finalmente evaluar los niveles de los metales pesados como As, Pb y Hg en plantas frescas de *E. crassipes*, en el compost obtenido y en las plantas de *T. cacao* para analizar la existencia de traslocación de dichos metales.

Método

La extracción de las plantas de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande se efectuó el 06 y 07 de diciembre de 2018, en el cantón Santa Teresa, municipio de Potonico, departamento de Chalatenango, en las coordenadas de ubicación 13°57'48.10" N y 88°54'36.51" O, a una distancia de 3.0 km en dirección noroeste de la Central Hidroeléctrica Cerrón Grande. Para su extracción se elaboraron cuadrantes de 1 m de largo x 1 m de ancho (1 m²), con tubos de PVC de 1" de diámetro. Se contó el número de plantas por m² registrado en los cuadrantes en cada extracción, se dejaron escurrir durante 3 minutos y luego se pesó la masa vegetal de cada cuadrante. En seguida, se tomaron partes de tallos, hojas y raíces de 100 plantas frescas de *E. crassipes* obtenidas de los cuadrantes mediante muestreo al azar, para análisis de los metales pesados Pb, As y Hg, y se llevaron al laboratorio de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES). El Pb y As se analizaron con el método de

espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, y el Hg con el método de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros. Después de la extracción, las plantas de *E. crassipes* se trasladaron para su compostaje al lugar donde se implementó el diseño experimental, ubicado en las coordenadas 14° 05' 44.28" N y 89° 15' 20.08" O, en la subcuenca del río Jayuca, en el caserío La Cruz, cantón Santa Rosa, municipio de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango. Seguidamente en el sitio de compostaje se picaron las plantas de *E. crassipes* en una máquina agrícola utilizada para picar zacate. El material vegetal picado se colocó en forma de montículo de 5.70 m de largo, 1.90 m de ancho y 0.90 m de alto, sobre una capa de 5 cm de espesor de plantas de *E. crassipes* sin picar, para evitar el contacto con el suelo, luego el montículo se tapó con una carpeta plástica. Durante las primeras seis semanas se realizó volteo manual para brindar aireación dos veces por semana, las siguientes once semanas se efectuó una vez por semana. Las últimas dos semanas se extendió el material compostado en una capa de 30 cm de espesor, dejándolo sin capeta durante el día y en la noche se volvía a colocar. Al finalizar este proceso se procedió a pesar el compost de *E. crassipes* y se resguardó en sacos para el proceso de maduración durante 5 meses previo a utilizarse como sustrato en la producción de plantas de *T. cacao* en etapa de vivero, asimismo, se efectuó análisis químico de Pb. Durante el proceso de compostaje se midió a diario la temperatura del material y la humedad relativa del ambiente. El período de elaboración del compost fue del 09 de diciembre de 2018 al 21 de abril de 2019. El cultivo de *T. cacao* en la etapa de vivero se implementó del 29 de septiembre de 2019 al 23 de febrero de 2020. En la figura 1 se muestra la extracción de *E. crassipes* y la elaboración de compost.



Figura 1. A) Extracción de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande. B) Elaboración de compost.

Para la implementación del estudio se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos, cinco repeticiones y 48 plantas por cada repetición. El tamaño de la muestra de plantas de *T. cacao* para el análisis destructivo en laboratorio y determinar el peso seco (g) se estimó con la fórmula:

$$n = \frac{t^2 * S^2}{e^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra.

S²: varianza.

t² = t de Student al 95% de confianza.

e² = error (5%). El valor del error se multiplica por el promedio, previo a elevarse a cuadrado, con lo cual se consigue incrementar el número de muestras a procesar.

El resultado arrojó un mínimo de 121 plantas a muestrear utilizando la variable altura, no obstante, se muestreó un total 250 plantas (50 por cada tratamiento y 10 plantas por repetición), con lo que se aseguró un muestreo representativo. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Statistix 8.1, versión estudiante. El análisis de varianza de una vía (ANOVA), con un nivel de significancia de 0.05. Las diferencias significativas de las medias de los tratamientos se obtuvieron con la prueba estadística de Tukey.

En el ensayo se usó compost elaborado de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande en porcentajes de 10%, 20% y 40%, mezclados con tierra en 90%, 80% y 60% para completar el 100% del volumen de las bolsas (8"x12") donde se sembró las semillas de *T. cacao*. Los 5 tratamientos se identificaron de la forma siguiente: T₁ (10:90), T₂ (20:80), T₃ (40:60), un tratamiento relativo T₄ (TR, 100% tierra, y 3 fertilizaciones químicas con fertilizante fórmula triple 15 N-P-K, a los 15, 45 y 90 días de germinadas, usando dos gramos en la primera fertilización y cinco gramos en la segunda y tercera fertilización) y un tratamiento testigo T₅ (TT, 100% tierra) sin ningún aditamento.

El control de plagas y enfermedades se realizó de manera preventiva. Para el control de insectos del suelo se usó Imidaclopid WG 0.8%, aplicado en el suelo 15 días previo a la siembra de las semillas de *T. cacao*. Para el control de plagas del follaje se usó los insecticidas Abamectina (1.8 EC) y Lambdacialotrina (2.5 EC). La prevención de enfermedades fúngicas se efectuó con Difenconazole, Azoxystrobin (32.5 SC) aplicado cada 10 días. Las plantas de *T. cacao* en el vivero se protegieron con sombra usando malla sarán de 73%. Se arreglaron en 4 hileras en un ancho de 0.50 m y 12 plantas por hilera en una longitud de 1.56 m por cada repetición. El ancho de calles fue de 0.60 m x 0.65 m.

Cuando las plantas de *T. cacao* alcanzaron 4 meses y 15 días de germinadas se realizó un análisis destructivo de las plantas, tallo, hojas, raíz para medir el peso seco (g). Siguiendo la metodología de Fernández, et al. (2010), se muestreó las plantas que se encontraban al centro de cada repetición para evitar efecto de borde. A cada planta se le midió el diámetro en la base del tallo (mm) con un vernier, y la altura (cm) con una cinta métrica. Se separó el suelo de las plantas usando agua para dejar la raíz desnuda. Se cortó la raíz y se colocaron los tallos con hojas y raíces por separado en bolsas plásticas, identificadas por cada tratamiento y cada repetición, obteniendo 25 muestras de tallos con hojas y 25 muestras de raíces. Se pusieron a secar durante 72 horas a través del método de la estufa a 50 °C. Una vez secas se midió el peso del tallo con hojas, peso seco radicular y peso seco total. Esta prueba se efectuó en el Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA), ubicado en San Andrés, La Libertad, El Salvador. Tomando como referencia la metodología de Fonseca et al. (2002), descrita por Piña y Arboleda (2010), con los datos obtenidos del laboratorio se estimó el índice de esbeltez (IE), de acuerdo a la ecuación 1, y el Índice de Calidad de Dickson (ICD), con la ecuación 2, como se detalla a continuación:

$$IE = \frac{\text{Altura de la parte aérea (cm)}}{\text{Diámetro del tallo (mm)}} \quad \text{Ec. 1.}$$

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura de la parte aérea (cm)}}{\text{Diámetro del tallo (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \quad \text{Ec. 2.}$$

Según Prieto et al. (2009) el índice de esbeltez es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por viento, de su sobrevivencia y crecimiento en sitios secos. Su valor debe ser menor de seis, valores más altos indican que la planta es más delgada del tallo en

relación al tamaño que presenta. El Índice de Calidad de Dickson (ICD) agrupa variables relacionadas con la calidad de la planta. A mayor valor del índice, mejor calidad de planta. La biomasa tiene una correlación con la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas en campo. La relación parte aérea y parte radicular se calculó como el cociente entre el peso seco de la parte aérea en gramos y el peso seco de la raíz en gramos (PSa/PSr). Relaciones arriba de 2.5 indican desproporción y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proporcionar la energía a la parte aérea de la planta (Prieto et al., 2009). Además, se muestreó plantas de *T. cacao* cultivadas en el T₃ (T40:60) para evaluar si existió traslocación de Pb del sustrato a las plantas de vivero.

Debido a que durante el proceso de cultivo de las plantas de *T. cacao* se observó que en las 5 repeticiones del T₃ (T40:60) y a un nivel no significativo en el T₂ (T20:80) algunas plantas de *T. cacao* presentaron primeramente una descoloración foliar progresiva tornándose amarillas cloróticas y luego mostraron síntomas de enfermedad en el follaje; por un lado, se decidió realizar un análisis foliar a plantas del tratamiento T₃ (T40:60) tomadas de las 5 repeticiones. El análisis se realizó en el laboratorio de FUSADES, San Salvador, El Salvador. Por otro lado, en el laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA, se efectuó análisis de presencia de patógenos en compost de *E. crassipes*, en el T₅ (TT) y en T₃ (T40:60) con el objeto de conocer los patógenos que causaron la enfermedad. Se utilizó el método Papa Dextrosa Agar (PDA) como medio de cultivo, bajo asepsia rigurosa en cámara de flujo laminar con luz ultravioleta. Se homogenizó el suelo y sustrato y tomó 10g. Se prepararon diluciones de 1/10,000 y 1/100,000 y se tomó 1ml de cada una de las diluciones, y se colocaron en cajas petri de vidrio selladas con cinta adhesiva parafilm conteniendo el medio de cultivo PDA. Las cajas petri se colocaron en una incubadora a 22°C durante 5 a 8 días, hasta observar el crecimiento de hongos y bacterias. Para la identificación de los microorganismos presentes se tomó con aguja de decepción una muestra de cada uno de los hongos y bacterias crecidos en la caja petri a través de un microscopio estereoscopio y se colocaron en una laminilla portaobjeto conteniendo una gota de agua estéril, se cubrió con un cubreobjeto y se ubicó en un microscopio compuesto donde se identificó cada uno de los géneros de hongos presentes en las muestras (R.F. de Serrano, comunicación personal, 24 de mayo de 2021).

Resultados

La media general de la altura de las plantas de *T. cacao* fue de 42.92 cm y un coeficiente de variación de 13.35. El T₁ alcanzó la mayor media con 46.34 cm, seguido del T₄ con 44.46 cm, el T₂ con 43.37 cm y el T₃ con 41.78 cm. El testigo o T₅ registró la media más baja con 38.65 cm (Tabla 1). El análisis de varianza no evidenció diferencia estadística entre las medias a un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 2).

Tabla 1

Resultados de la prueba de Tukey de las diferencias estadísticas de las medias

Variables estudiadas			
Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Índice de esbeltez
T ₁ (T10:90)	46.34±4.28 ^a	5.00±0.32 ^{ab}	9.62±0.71 ^a
T ₂ (T20:80)	43.37±4.39 ^a	4.97±0.35 ^{ab}	8.98±0.43 ^a
T ₃ (T40:60)	41.78±8.98 ^a	5.07±0.50 ^a	8.39±1.22 ^a
T ₄ (TR)	44.46±3.72 ^a	4.71±0.42 ^{ab}	9.82±0.92 ^a
T ₅ (TT)	38.65±5.64 ^a	4.18±0.59 ^b	9.45±0.85 ^a

Nota: las medias con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según la prueba de Tukey.

La media general del diámetro de las plantas fue de 4.78 mm y un coeficiente de variación de 9.45. El T₃ registró la mayor media con 5.07 mm, seguido del T₁ con 5.00 mm, y el T₂ con 4.97 mm. Los tratamientos T₄ y T₅ registraron las medias menores con 4.71 mm y 4.18 respectivamente (Tabla 1). Se encontró diferencia estadística a un nivel de significancia de 0.05 entre las medias de los tratamientos (Tabla 2). La prueba de Tukey demuestra que las medias de los tratamientos T₁, T₂ y T₄ son iguales estadísticamente, T₃ y T₅ son diferentes, donde T₃ es el mejor y T₅ el de menos calidad.

En el índice de esbeltez los valores más bajos reflejan plantas de mejor calidad. La media general del índice de esbeltez que resulta de dividir la altura y el diámetro en el cuello de la raíz, fue de 9.25 y un coeficiente de variación de 9.40. El T₄ con una media de 9.82, el T₁ una media de 9.62 y el testigo T₅ con una media de 9.45 presentaron mayor índice de esbeltez. Mientras los tratamientos T₂ y T₃ alcanzaron las medias más bajas, con 8.98 y 8.39 individualmente (Tabla 1). El análisis de varianza denota que no existe diferencia estadística entre las medias a un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 2).

Tabla 2

Análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas de las variables estudiadas

Variable	Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Altura (cm)	Tratamiento	4	169.01	42.25	1.29	0.30NS
	Error	20	656.57	32.82		
	Total	24	825.58			
Diámetro (mm)	Tratamiento	4	2.66	0.66	3.26	0.03*
	Error	20	4.09	0.20		
	Total	24	6.75			
Índice de Esbeltez	Tratamiento	4	6.52	1.63	2.15	0.11NS
	Error	20	15.14	0.75		
	Total	24	21.67			

Nota: NS= Estadísticamente no significativo y, *= Estadísticamente significativo

En la figura 2 se detalla la medición de la altura, diámetro y muestras de plantas de *T. cacao*, para análisis de peso seco, para la determinación de las variables de calidad de las plantas.



Figura 2. A) Medición de altura de las plantas de *T. cacao*. B) Medición de diámetro.

La media general de la relación peso seco (g) parte aérea-peso seco (g) parte radicular (PSa/PSr) fue de 10.11 y un coeficiente de variación de 18.37. Los tratamientos con mayor promedio fueron el T₄, T₁ y T₅, que registraron una media de 10.86, 10.26 y 10.10 g, respectivamente. Los tratamientos T₃ y T₂ presentaron las medias más bajas con 9.86 y 9.51 g, cada uno (Tabla 3). Valores arriba de 2.5 indican desproporción entre la parte aérea y la parte radicular, por lo que, según estos resultados, no existe equilibrio entre la relación de estas dos variables. Según el análisis de varianza, no existe diferencia estadística entre las medias a un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 4).

Tabla 3

Resultados de la prueba de Tukey de las diferencias estadísticas de las medias

Variables estudiadas			
Tratamiento	PSa/PSr (g)	PSt (g)	ICD
T ₁ (T10:90)	10.26±1.13 _a	91.20±13.36 _a	4.57±0.37 _a
T ₂ (T20:80)	9.51±2.00 _a	83.51±12.33 _{ab}	4.52±0.51 _{ab}
T ₃ (T40:60)	9.86±2.11 _a	83.91±12.98 _{ab}	4.63±0.65 _a
T ₄ (TR)	10.86±2.11 _a	84.73±13.31 _{ab}	4.15±0.90 _{ab}
T ₅ (TT)	10.10±1.74 _a	62.36±15.10 _b	3.22±0.86 _b

Nota: las medias con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según la prueba de Tukey.

La media general de la variable de peso seco total fue de 81.14 g y un coeficiente de variación de 16.58. La biomasa de la planta está asociada con la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas en campo. El T₁ registró la mejor media con 91.20 g. En segundo orden están los tratamientos T₄, T₃ y T₂ que registraron medias de 84.73 g 83.91 g y 83.51 g, individualmente. Por último, está el T₅ con una media de 62.36 g (Tabla 3). Acorde al análisis de varianza, existe diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos. Según la prueba de Tukey las medias de los tratamientos T₂, T₃ y T₄ son iguales estadísticamente, T₁ es diferente estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el mejor, y el T₅ es el peor con el promedio más bajo, por lo que las plantas del T₁ con mejor media de peso, pueden tener mayor porcentaje de sobrevivencia en la plantación que las del T₅ que presentó la media de peso más baja.

La media general del Índice de Calidad de Dickson fue de 4.22 y un coeficiente de variación de 16.40. Este índice integra las variables de calidad de planta, peso seco total de las plantas (g), índice de esbeltez (IE) y la relación peso seco parte aérea - peso seco radicular (PSa/PSr), valores mayores denotan plantas de mejor calidad, pueden tener más éxito de sobrevivir en los sitios donde se establezcan en campo. El T₃ registró la mejor media con 4.64 de ICD, seguido de los tratamientos T₁ con 4.57 de ICD y T₂ con 4.52 de ICD. El cuarto lugar lo ocupó el tratamiento T₄ con una media de 4.16. La media más baja lo registró el T₅ con 3.23 (Tabla 3). Los resultados del análisis de varianza, denotan que existe diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos (Tabla 4). Según la prueba de Tukey las medias de los tratamientos T₂ y T₄ son iguales estadísticamente, así como T₁ y T₃, con los mejores promedios y T₅, tiene el menor promedio.

Tabla 4

Análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas de las variables estudiadas

Variable	Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Relación parte aérea-parte radicular (g)	Tratamiento	4	5.07	1.26	0.37	0.82NS
	Error	20	69.07	3.45		
	Total	24	74.15			
Peso seco total (g)	Tratamiento	4	2400.26	600.06	3.32	0.03*
	Error	20	3620.02	181.00		
	Total	24	6020.28			
Índice de Calidad de Dickson (ICD)	Tratamiento	4	6.86	1.71	3.58	0.02*
	Error	20	9.59	0.47		
	Total	24	16.45			

Nota: NS= Estadísticamente no significativo y, *= Estadísticamente significativo

En relación a los metales pesados evaluados, el Pb registró un promedio de 3.54 ppm en las plantas frescas de *E. crassipes*. El Hg y As, no fueron detectables (Figura 3). Por esta razón, en el compost de *E. crassipes* únicamente se analizó Pb, pero ya no fue detectable (0.00 ppm). A pesar de no detectarlo, en las muestras de compost analizadas, para cumplir con el objetivo relacionado a analizar si existe traslocación de Pb, se realizó un análisis de este elemento en las plantas de *T. cacao* cultivadas en el tratamiento T₃, con mayor porcentaje de compost de *E. crassipes*; según las pruebas, tampoco fue detectable.

Debido a los problemas de descoloración foliar progresiva tornándose amarillas cloróticas y luego síntomas de enfermedad en plantas de *T. cacao* en el T₃, se realizó un análisis foliar de nutrientes en las plantas de dicho tratamiento. Los resultados se compararon con los niveles de referencia utilizados en el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA para el cultivo de *T. cacao*, basándose en *Methods of Analysis of Soil Plants, Water and Fertilisers. Fertiliser Development and Organisation, 1999* (G.L. Enríquez, comunicación personal, 24 mayo de 2021). El N registró 3.18%, el P 0.16%; el K 1.32%; el Ca 0.55%, el Mg 0.20%, el S registró 0.24%. El Fe presentó 90.63 ppm, el Cu 3.55 ppm, el Mn 55.78 ppm, el Zn 18.91 ppm y el B registró 67.52 ppm. El N presentó un nivel superior al recomendado entre 2.00% - 2.50%. Los nutrientes P, Mg, Cu y Zn presentaron niveles bajos, siendo el nivel suficiente 0.18% para el P, 0.45% para el Mg, entre 8.0 ppm - 12.0 ppm en el Cu, y entre 20.0 - 100.0 ppm para el Zn; mientras, los nutrientes K, Fe, Mn y B presentaron niveles suficientes: 1.30% - 2.2%, 60 - 200 ppm, 50 - 300 ppm y 25 - 70 ppm, respectivamente (Tabla 5).

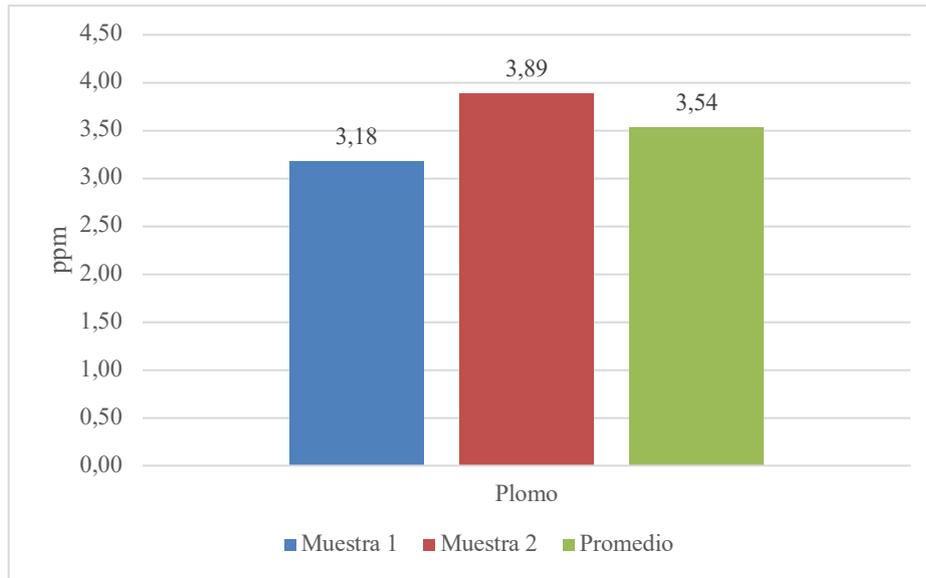


Figura 3. Resultados de análisis de Pb, en plantas de *E. crassipes* en estado fresco.

Tabla 5

Análisis foliar de nutrientes en plantas de T. cacao del tratamiento T₃ (T40:60)

Elemento	Resultados	Unidad	Nivel bajo	Nivel suficiente	Nivel alto
Nitrógeno total	3.18	%	1.8 - 1.99	2.0 - 2.5	> 2.5
Fósforo	0.16	%	0.13 - 0.18	> 0.18	
Potasio	1.32	%	1 - 1.29	1.3 - 2.2	> 2.2
Calcio	0.55	%	0.3 - 0.49	> 0.40	-
Magnesio	0.20	%	0.2 - 0.49	> 0.45	-
Azufre	0.24	%	-	-	-
Hierro	90.63	ppm	50 - 59	60 - 200	> 200
Cobre	3.55	ppm	4 - 7	8 - 12	> 12
Manganeso	55.78	ppm	22 - 49	50 - 300	> 300
Zinc	18.91	ppm	18 - 19	20 - 100	> 100
Boro	67.52	ppm	12 - 24	25 - 70	> 70

Nota: Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de FUSADES y los datos de niveles de referencia usados por el laboratorio de Química Agrícola del CENTA para el cultivo de cacao, basados en Methods of Analysis of Soil Plants, Water and Fertilisers, Fertiliser Development and Organisation, 1999 (G.L. Enríquez, comunicación personal, 24 de mayo de 2021)

Patógenos en compost de *E. crassipes*, en T₅ (TT) y en T₃ (T40:60)

En el compost de *E. crassipes* se encontró cuatro géneros de hongos: *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Rhizopus sp*, *Sclerotium sp*; y una especie de bacteria, no identificada (Tabla 6). En el T₅ se registró dos géneros de hongos *Aspergillus sp* y *Fusarium sp*; y una especie de bacteria, la cual no se logró identificar. Por un lado, en el sustrato del T₃ (T40:60), se encontró siete géneros de hongos *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Fusarium sp*, *Pythium sp*, *Cladosporium sp*, *Rosellinia sp* y *Trichoderma sp* (Tabla 6). Por otro lado, en el tallo de las plantas cultivadas en el T₃ se encontró *Pythium sp*, y en la raíz y hojas existió presencia de bacterias, no identificadas. Según los resultados, los hongos que afectaron a las plantas de *T. cacao* en el T₃

fueron *Fusarium sp*, *Pythium sp* y *Rosellinia sp*, siendo este último el de mayor incidencia y el que causó mayor daño. En estado avanzado se manifiesta en las partes aéreas causando amarillamiento, marchitez, caída de las hojas y muerte regresiva. Lo que concuerda con lo descrito por Phillips-Mora y Cerda (2011) y Alarcón et al. (2012), sobre los síntomas del hongo *Rosellinia pepo* en plantas de *T. cacao*.

Tabla 6

Patógenos identificados en compost de E. crassipes, T₅ (TT), T₃ (T40:60) y en plantas

Géneros de hongos/bacteria	Compost de <i>E. crassipes</i>	T ₅ (TT)	T ₃ (T40:60) y plantas	Observación
<i>Aspergillus sp</i>	x	x	x	Contaminante
<i>Penicillium sp</i>	x		x	Contaminante
<i>Fusarium sp</i>		x	x	
<i>Pythium sp</i>			x	
<i>Cladosporium sp</i>			x	
<i>Rosellinia sp</i>			x	Daño principal
<i>Tricoderma sp</i>			x	Antagónica
<i>Rhizopus sp</i>	x			Contaminante
<i>Sclerotium sp</i>	x			
<i>Bacteria*</i>	x	x	x	

Nota: Fuente: Resultados del laboratorio de parasitología del CENTA.

La x indica presencia del patógeno. *sin identificar su género.

Discusión y conclusiones

Altura (cm) total de la planta. A pesar de que los resultados de la altura de las plantas de *T. cacao* fue superior en los porcentajes de sustrato de compost de *E. crassipes* (T₁, T₂ y T₃), no se encontró diferencia significativa comparado con el tratamiento testigo T₅. Similar resultado reportó González (2018), no encontrando diferencia estadística para la altura de clones de *T. cacao* en su estudio donde probó tratamientos de abonos orgánicos, bocashi y humus de lombriz, a los 15, 45 y 90 días después de la siembra. Por su parte, Lliuya (2015), encontró diferencia significativa en la misma variable en los tratamientos donde usó estiércol de cuy, compost y gallinaza en cultivo de plántones de *T. cacao*. Asimismo, Ramírez et al. (2013) presentan mejores resultados para el tratamiento con una mezcla de suelo, arena y estiércol de cuy, donde las plantas de *T. cacao* alcanzaron 34 cm de altura en la cubierta de sarán y 35 en la cubierta de plástico a los 120 días.

Diámetro (mm). En la presente investigación, las medias del diámetro fueron estadísticamente superiores en los tratamientos con porcentajes de sustrato de compost de *E. crassipes* (T₁, T₂ y T₃), respecto al tratamiento testigo T₅, siendo el mejor el T₃. Estos datos coinciden con los reportados por Lliuya (2015), que encontró diferencia significativa en el diámetro de las plantas de *T. cacao* a 120 días, para los tratamientos de abonos orgánicos compost, gallinaza y estiércol de cuy. Ramírez et al. (2013) también presentan mejores resultados para el tratamiento con una mezcla de suelo, arena y estiércol de cuy, donde las plantas de *T. cacao* registraron 6.89 mm de grosor en la cubierta de sarán y 8.72 mm en la cubierta de plástico a los 120 días. Caso contrario reveló González (2018), donde el diámetro de plantas de clones de *T. cacao* no mostró diferencia estadística en los tratamientos de abonos orgánicos, bocashi y humus de lombriz, a los 15, 45 y 90 días después de la siembra.

Índice de esbeltez. Los valores más bajos de este índice indican plantas de mejor calidad. Las medias de los tratamientos T₂ y T₃, presentaron los valores más bajos; a pesar de ello, no se evidenció diferencia significativa entre los tratamientos, incluyendo el testigo T₅. Similar resultado encontró Tut Si (2014), en su estudio con plantas en vivero de *Tabebuia donnell-smithii* (cortez blanco) producidas en los sustratos de lombri-compuesto, arena, suelo, y gallinaza, en diferentes proporciones y mezclas, donde no encontró diferencia significativa en los tratamientos.

Peso seco total (g). Se encontró diferencia significativa en los tratamientos con porcentajes de compost de *E. crassipes* T₂ y T₃ y el tratamiento relativo T₄ obteniendo efectos similares entre éstos; el T₁, fue superior a todos los tratamientos, y el T₅, el que registró el peso más bajo. Mateo-Sánchez et al. (2011) encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) para el peso seco total en la producción de plantas de *Cedrela odorata* (cedro) en vivero a base de sustrato de aserrín crudo en mezcla con peat moss-agrolita-vermiculita, registrando el mejor resultado en las plantas cultivadas con el tratamiento 60% de aserrín, seguido del tratamiento 70% de aserrín.

Índice de Calidad de Dickson (ICD). Los tratamientos con compost de *E. crassipes* T₃ con una media de 4.63 de ICD, T₁ con 4.57 de ICD y T₂ con 4.52 de ICD, presentaron las mejores medias de índice de calidad de Dickson (ICD), comparados con el T₅, encontrando diferencia estadística significativa. Mateo-Sánchez et al. (2011) obtuvo diferencia significativa ($p < 0.01$) para el ICD, en un experimento de producción de plantas de *Cedrela odorata* (cedro) en vivero a base de sustrato de aserrín crudo en mezcla con peat moss-agrolita-vermiculita. Los mejores valores los registraron los tratamientos con 70%, 90% y 60% de aserrín. Estos datos concuerdan con los encontrados en este estudio, donde los tratamientos con mayor porcentaje de compost fueron superior al testigo T₅.

Análisis químico de los metales pesados Pb, As y Hg en plantas de E. crassipes previo a compostarse, Pb en compost y en plantas de T. cacao. El Pb registró un promedio de 3.54 ppm en las plantas de *E. crassipes*. Mientras, el Hg y As, no fueron detectables; concordando con los reportados por ADEL-FIAES (2014), en muestras de *E. crassipes* en 3 lugares del embalse Cerrón Grande, que encontraron entre 2.41 y 3.0 ppm de Pb y tampoco detectaron Hg y As. Por su parte, el MARN (2012) en una muestra de análisis foliar de *E. crassipes* en la laguna de Metapán encontró 0.81 ppm de Pb, 2.26 ppm de As y no detectó Hg. Coincidiendo en la presencia de Pb, y la no detección de Hg, en las plantas de *E. crassipes* en ambos cuerpos de agua. Conforme la norma NCh2880 (2004) el nivel máximo de elementos trazas en materia prima para compostaje (mg/kg base seca) para el Hg, es de 10 mg/kg y para Pb 800 mg/kg. Por tanto, las plantas de *E. crassipes* de las muestras en el embalse Cerrón Grande cumplen con los requerimientos para utilizarse como materia prima para compostaje, referente al Pb que registró 3.54 ppm y Hg, que no fue detectable.

Análisis foliar y patógenos. Según los resultados del análisis foliar y presencia de patógenos, cabe la posibilidad que al usar una mayor cantidad de compost de *E. crassipes* ciertos nutrientes por exceso o deficiencia causen algún efecto negativo en el desarrollo de las plantas, como el que se observó en el T₃ donde se usó 40% de compost de *E. crassipes*, manifestando amarillamiento clorótico en las hojas de las plantas de *T. cacao* al inicio del desarrollo de éstas y luego se manifestó la presencia de enfermedades. También podría deberse a la presencia de mayor cantidad de especies de patógenos en dicho tratamiento; caso contrario a lo observado en la disminución de plantas afectadas a medida se utilizó menor cantidad de compost de *E. crassipes* en los tratamientos T₂ y T₁; por lo que, se recomienda usar porcentajes de compost de *E. crassipes* que no supere el 20%. Los síntomas de marchitamiento o clorosis que de manera general aparecen en los viveros de cacao, se deben principalmente al ataque de hongos (Suárez, et al., citados por Pérez-Martínez, et al., 2017). Por otra parte, es común encontrar síntomas no causados por fitopatógenos, sino, a carencias, excesos o desequilibrios

nutricionales, se manifiesta como clorosis en las plantas completas, clorosis moteada de los espacios intervenales de las hojas, deformación de la lámina foliar, disminución del tamaño de la hoja, en otros (Enríquez, 1985; Hardy, 1961, citados por Pérez-Martínez, et al., 2017), lo que concuerda con los hallazgos de este estudio.

Se evidenció un efecto positivo del uso del compost de plantas de *E. crassipes* en la calidad de las plantas de *T. cacao* en la fase de vivero para el diámetro, peso seco total e Índice de Calidad de Dickson (ICD). Éste último índice es el más integral de todos, se encontró que los tratamientos T₁ y T₃ registraron las medias más altas, siendo estadísticamente iguales entre ellas, y superiores al tratamiento testigo T₅, que obtuvo el menor promedio y, por tanto, plantas de menor calidad. Mientras en las variables altura, índice de esbeltez, relación peso seco aéreo/peso seco radicular, no se evidenció diferencia estadística entre las medias de los tratamientos.

El tratamiento con mayor porcentaje de compost T₃, obtuvo la mayor media respecto al Índice de Calidad de Dickson. No obstante, se observó de los 45 a 90 días de desarrollo de las plantas de *T. cacao* en el vivero, plantas afectadas por clorosis en un inicio y luego por enfermedad, posiblemente al usar mayor cantidad de compost de *E. crassipes* ciertos nutrientes por exceso o deficiencia ocasionen dicho efecto. También podría deberse por la presencia de más especies de patógenos en dicho tratamiento, siendo los hongos *Fusarium sp*, *Pythium sp* y *Rosellinia sp*, que más afectaron a las plantas; caso contrario a lo que se observó en la disminución de plantas afectadas a medida se utilizó menor cantidad de compost. Considerando que el T₃ presentó sintomatología probablemente al ataque de fitopatógenos, o por desequilibrios nutricionales, o por ambas, se recomienda que el porcentaje de compost de *E. crassipes* más apropiado a usarse para la producción de *T. cacao* en la fase de vivero no supere el 20%, de acuerdo con esta investigación.

Según los hallazgos, no se encontró traslocación de plomo (Pb) hacia las plantas de *T. cacao*. Asimismo, *E. crassipes* de las muestras en el embalse Cerrón Grande cumple con los requerimientos de la norma NCh2880 (2004) para utilizarse como materia prima para compostaje, respecto a los elementos trazas Pb que registró 3.54 ppm y Hg y As que no fueron detectables.

Con los resultados obtenidos de la investigación, se comprueba que el uso de compost de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande, tiene un efecto positivo en la calidad de las plantas de *T. cacao* en la fase de vivero; y, se determina que los porcentajes de compost de *E. crassipes* más apropiados para mezclar con tierra para la producción de *T. cacao* en la fase de vivero no superen el 20%. Asimismo, se determinó que el metal pesado plomo (Pb) registrado en las plantas frescas de *E. crassipes*, no fue identificado en el compost, ni en las plantas de *T. cacao*, por lo que no existió traslocación de dicho metal.

Referencias

- Alvarado, P. (2013). *Factibilidad del uso del lechuguín del embalse MAZAR para la elaboración de compost* [Tesis de Máster, Universidad el Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/466>
- Alarcón Restrepo, J.J., Arévalo Peñaranda, E., Díaz Jiménez, A.L., Galindo Álvarez, J.R. y Rosero, A.A. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de cacao. Medidas para la etapa invernal. <https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/>
- Gettys, L. A., Haller, W. T. and Bellaud, M. (2014). *Biology and Control of Aquatic Plants: A Best Management Practices Handbook*. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation.
- Agencia de Desarrollo Económico Local-Fondo de Inversión de El Salvador (ADEL-FIAES). (2014). *Investigación de la caracterización del Jacinto de Agua Eichhornia crassipes del humedal Cerrón Grande, para determinar su aprovechamiento como materia prima para*

- la elaboración de productos agroindustriales, industriales o artesanales, Chalatenango, El Salvador.
- Alas, R. (2016). *Cerrón Grande ahogado por la contaminación del Acelhuate*. <http://www.elsalvador.com/articulo/nacional/cerron-grande-ahogado-por-contaminacion-del-acelhuate-105668>.
- Arteaga Martínez, B., León, S. y Amador, C. (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. *Foresta Veracruzana*, 5 (2), 9-16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49750202>
- Barrett, S.C.H y Forno, I.W. (1982). Style morph distribution in New World populat of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (Water Hyacinth). *Aquatic Botany*, 13, 299-306.
- Birchler, T., Rose, R.W., Arroyo, A, y Pardos, M. (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 7 (1-2). <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2806>
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa. (2020). *Informe de control de Jacinto Acuático de junio de 2019 al 30 de septiembre de 2020, en los embalses de las Centrales Hidroeléctricas Cerrón Grande y 5 de Noviembre*. El Salvador.
- Fernández, R., Trapero, A., y Domínguez, J. (2010). *Experimentación en agricultura*.
- González, T. (2018). *Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plántones de cacao (Theobroma cacao) de los clones CCN-51 e IMC-67 en vivero* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Instituto Nacional de Normalización. (2004). *Norma chilena oficial NCh2880.of2004. Compost – Clasificación y requisitos*. http://www.sinia.cl/1292/articles-32296_Norma.pdf.
- Lliuya, V. (2015). Fertilización orgánica en el crecimiento vegetativo de los patrones de cacao (*Theobroma cacao*, L) en suelo inceptisols en fase de vivero, en el distrito de nuevo progreso, Tocache, San Martín [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN)*. www.issg.org/bookletS.pdf.
- Mateo-Sánchez, J.J, Bonifacio-Vásquez, R., Pérez-Ríos, SR., Mohedano-Caballero, L y Capulín-Grande, J. (2011). Producción de (*Cedrela Odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpán de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 1, 123-132.
- Madsen, J.D. y Robles, W. (sf). Atlas de especies invasoras de Puerto Rico. <http://atlas.eea.uprm.edu/plantas/jacinto-de-agua>.
- Mexal, J.G.; Landis T. D. (1990). *Target Seedling Concepts: Height and Diameter*. In Rose, R., Campbell, S.J., Landis, T. D., (eds.) In Proceedings, Western Forest Nursery Association; <http://www.fcanet.org/proceedings/1990/mexal.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Política para el Desarrollo de la Cadena de Cacao de El Salvador*. Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Interpretación de muestras de lirio acuático y muestras de agua provenientes de la laguna de Metapán*. Soyapango.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Embalse Cerrón Grande*. <http://www.marn.gob.sv/sitio-ramsar-embalse-cerron-grande/>.

- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *Informe sobre proliferación de plantas acuáticas en el humedal Cerrón Grande*.
- Navarro Cerrillo, Rafael & Villar-Salvador, Pedro & Del Campo, Antonio. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. In J. Cortina, J.L. Peñuelas, J. Puértolas, R. Savé, A. Vilagrosa (Eds). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos*. (pp. 67-88). Ministerio de Medio Ambiente.
- Negreros-Castillo, P., Apodaca-Martínez, M. y Mize, C. (2010). Efecto de sustrato y densidad en calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y Bosques*, 16, (2), 7-18. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712010000200001&lng=es&tlng=es.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo. Capítulo malezas acuáticas*. <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s0a.htm>.
- Pérez-Martínez, S., Noceda, C., Zambrano, O., Parra, D., Córdoba, L. y Sosa, D. (2017). Descripción de plangas en viveros de cacao en el cantón Milagro a partir de diferentes fuentes de información. *Revista Ciencia UNEMI*, 10 (24), 19-38. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6430731.pdf>
- Phillips-Mora, W. y Cerda Bustillo, R. (2011). *Catálogo de enfermedades del cultivo de cacao en Centroamérica*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H20-10877.PDF>
- Piña, M. y Arboleda, M. E. (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Crescentia cujete*. *Bioagro*, 22(1), 61-66. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000100008&lng=es&tlng=es.
- Prieto R., J. A. (2004). *Factores que influyen en la producción de planta de Pinus spp. en vivero y en su establecimiento en campo* [Tesis Doctoral] Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/5805/1/1020150010.PDF>
- Prieto R., J. A.; García R., J. L.; Mejía B., J. M.; Huchín A., S. y Aguilar V., J. L. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío*. *Pub. Esp. 28. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. INIFAP.
- Ramírez, M.B., Rodríguez, Y., Carrera, C.M., Asanza, M. y Soria S. (2013). Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de *T. cacao L*, en vivero del “Recinto El Capricho”, Provincia de Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 2(1), 31-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5271969>
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*. (2ª. ed.). Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad,
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J., Saenz-Reyes, J., Muñoz Flores H., Prieto-Ruiz, A. y Orozco Gutiérrez G. (2013). Calidad de plantas producidas en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5 (22), 58-73. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n22/v5n22a5.pdf>
- Sonter S, Pattar PV, Ramalingappa. (2018). Effect of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. compost on morphophysiological parameters of blackgram (*Vigna mungo* (L) Hepper). *International Journal of Science & Healthcare Research*, 3 (4), 20-26.
- Tut Si, M. O. (2014). *Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de Palo Blanco (Tabebuia donnell-smithi, Rose)*. [Tesis de Grado] Universidad Rafael Landívar.
- Tesoros naturales en peligro*. (2016). <http://especiales.elsalvador.com/2016/sitios-ramsar/cerron-grande.asp>.

Fecha de recepción: 31/03/2021
Fecha de revisión: 20/04/2021
Fecha de aceptación: 15/06/2021