



Germinación y crecimiento de *Sterculia colombiana* en Arosemena Tola, Napo, Ecuador¹

Germination and growth of *Sterculia colombiana* in Arosemena Tola, Napo, Ecuador

Ricardo Vinicio Abril-Saltos², Evelyn Aracely Villacis-Estrada², Micela Delsy Tapuy-Andi², Briyidt Maryeli Pillco-Herrera², Jonny David Quishpe-Lopez², Katherin Pamela López-Adriano²

¹ Recepción: 9 de junio, 2022. Aceptación: 4 de noviembre, 2022. Este trabajo se generó del proyecto de investigación: “Propagación, crecimiento e identificación de metabolitos secundarios de las especies vegetales medicinales del centro de investigación, posgrado y conservación amazónica”, financiado por la Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador.

² Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Vida, Pastaza, Ecuador. rvabril@uea.edu.ec (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0003-1544-4360>); evillacis20@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-3923-0666>); micelatapuy@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-7242-7041>); maryelipillco1996@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-6055-9848>); lexus.07@outlook.es (<https://orcid.org/0000-0001-5112-5856>); katherinepamela@outlook.es (<https://orcid.org/0000-0001-9260-5661>).

Resumen

Introducción. La región amazónica posee alta diversidad vegetal, en pocas especies se han desarrollado estudios sobre propagación y crecimiento. **Objetivo.** Evaluar la germinación *in situ* y *ex situ*, de *Sterculia colombiana* y sus características de crecimiento posterior a la plantación en coberturas de suelo de bosque primario y zonas intervenidas. **Materiales y métodos.** El estudio se realizó en Napo, Ecuador, en el período 2019-2020. Se caracterizó la germinación de *S. colombiana* en las variables: días y porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas, en condiciones de invernadero y sembradas en el sitio de recolecta. Las plantas obtenidas en la prueba de germinación fueron trasplantadas a una cobertura de suelo de bosque primario (*in situ*) y zona intervenida con vegetación de recambio (*ex situ*). Se evaluaron modelos de crecimiento lineales, cuadráticos, cúbicos, exponenciales y logarítmicos para la altura y diámetro del tallo. Se registró la temperatura del aire, suelo, y características físico-químicas del suelo. Se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias en el crecimiento y supervivencia entre los sitios de plantación y entre las plantas obtenidas en las pruebas *in situ* y *ex situ*. **Resultados.** Las plántulas obtenidas de invernadero, tuvieron menor número de días a la emergencia y mayores valores en el resto de variables evaluadas, que las desarrolladas *in situ*. Las plantas se desarrollaron en las diferentes coberturas evaluadas, sin diferencias significativas en el crecimiento al final del estudio, solo se reportó correlación significativa al 5 % entre el diámetro del tallo y la temperatura del aire. **Conclusiones.** *Sterculia colombiana* germinó en invernadero y se desarrolló en los sitios de trasplante, sin que esto influyera en su crecimiento. La temperatura fue el único factor que reportó correlaciones significativas con el crecimiento al final del periodo de evaluación.

Palabras clave: bosque primario, *in situ*, *ex situ*, desarrollo.



Abstract

Introduction. The Amazon region has a great plant diversity, but studies on their propagation and growth have been carried out in few species. **Objective.** To evaluate the *in situ* and *ex situ* germination of *Sterculia colombiana* and its growth characteristics after planting in ground covers of primary forest and intervened areas. **Materials and methods.** The study was carried out in Napo, Ecuador, in the period 2019-2020. The germination of *S. colombiana* was characterized in the variables: days and percentage to emergence, plant height, stem diameter and number of leaves, under greenhouse conditions and planted at the collection site. The plants obtained in the germination test were transplanted to a ground cover of primary forest (*in situ*) and an intervened area with replacement vegetation (*ex situ*). Linear, quadratic, cubic, exponential, and logarithmic growth models for stem height and diameter were evaluated. The air and soil temperature and the physical-chemical characteristics of the soil were recorded. An analysis of variance was performed to determine differences in growth and survival between the plantation sites and between the plants obtained in the *in situ* and *ex situ* tests. **Results.** The seedlings obtained from greenhouses reported fewer days to emergence and higher values in the rest of the variables evaluated than those grown *in situ*. The plants developed in the different evaluated covers, without significant differences in growth at the end of the study, only a significant correlation at 5 % between stem diameter and air temperature was reported. **Conclusions.** *Sterculia colombiana* germinated in a greenhouse and developed in the transplant sites, without this influencing its growth. Temperature was the only factor that reported significant correlations with growth at the end of the evaluation period.

Keywords: primary forest, *in situ*, *ex situ*, development.

Introducción

El estado de conservación de las especies de plantas endémicas del Ecuador, reporta que 3508 especies (78 %) están amenazadas en algún grado, de estas 2080 (46 %) se consideran vulnerables, 1071 (24 %) en peligro y 353 (8 %) en peligro crítico (León-Yáñez et al., 2012). La Amazonía ecuatoriana es catalogada como una de las regiones más biodiversas del planeta, el ecosistema piedemonte ubicado en Napo, presenta altos niveles de diversidad en árboles y arbustos (Guevara et al., 2017); en la Amazonía alta (>600 m s. n. m.) se reportan 1292 especies endémicas, de las cuales 110 se encuentran en estado amenazado (Valencia, 2011).

En Ecuador, entre el 2000 y 2020, se han publicado 31 estudios sobre el impacto de las afectaciones humanas y del cambio climático en especies arbóreas (Kleeman et al., 2022). La Amazonía ecuatoriana presenta tasas de deforestación del 0,67 %, una parte importante de estos suelos que antes eran nativos son empleados para otras actividades económicas más rentables como suelos agropecuarios, zonas antrópicas e infraestructuras (Mejía et al., 2021).

Resulta fundamental establecer programas de conservación de especies silvestres y forestales, donde se conozcan aspectos básicos de la especie a propagar como son: la familia botánica, nombre científico y común, altura del árbol o arbusto, distribución geográfica, los agentes de dispersión de semillas, tipo de follaje, método de recolección de frutos y semillas, germinación (duración y requerimiento de tratamientos pre germinativos), tiempo en el que la planta alcanzará el tamaño para ser plantada en campo, así como sus necesidades de luz, sombra, temperatura, humedad y usos potenciales de la especie (Román et al., 2012).

La germinación y el establecimiento de especies en un medio natural, es influenciado por factores abióticos como temperatura, luz, agua y nutrientes, y bióticos como depredadores y patógenos; condiciones favorables de estos factores ayudan a la germinación. Para recuperar los ecosistemas es necesario la propagación de especies nativas, el enriquecimiento, la restauración y la reforestación de estas zonas (Pérez-Hernández et al., 2011).

Trabajos desarrollados en el *S. setigera* mostraron una germinación en invernadero inferior al 10 % a los quince días de siembra y del 40 % a los treinta días, en semillas sin tratamientos pre germinativos, de igual forma en estas plantas se mostró una media de 20 cm de altura, 6 mm de diámetro y nueve hojas a los 45 días (Bayen et al., 2015); asimismo, Aiyeloja y Azeez (2010) obtuvieron a las doce semanas una media de 22,3 cm de altura y 4,2 mm de diámetro, con correlaciones significativas ($p < 0,05$) de la altura de la planta con el diámetro del tallo y el número de hojas.

Diferentes estudios plantearon que no se tiene un estándar fijo de la germinación en invernadero y en campo de especies silvestres. Ensayos en semillas silvestres de *Apeiba glabra* Aubl. (Malvaceae) mostraron entre un 24 % y 32 % germinación (Torres-Torres et al., 2018b), en cambio en *Theobroma cacao* bajo condiciones controladas, reportaron un 71 % de emergencia y un promedio de diez días hasta alcanzar la máxima emergencia (López Medina & Gil Rivero, 2017). Pruebas realizadas en *Acaena elongata* (Rosaceae) en ensayos en campo, registraron entre el 37 % y 76 % de germinación (Martínez-Camacho et al., 2018) en experimentos similares realizados en un bosque templado. Las temperaturas máxima, mínima y media, son los principales factores que influyen en la germinación.

La especie *Sterculia colombiana*, representante del género *Sterculia*, familia Malvaceae, la Base Nacional de Datos de Biodiversidad del Ecuador, muestra reportes de la especie en todas las provincias amazónicas de Ecuador, con mayor frecuencia en las provincias de Napo, Pastaza y Orellana (Guevara et al., 2019). *S. colombiana* es reconocida por sus usos como estructuras para vivienda y hábitat de especies, se emplea para hacer las braceras de los cestos, construcción de canoas y entablado de viviendas en comunidades Huaorani (Cerón & Montalvo, 1998).

El fruto y el mucílago de la *Sterculia colombiana* son alimento del mono chichico (*Saguinus nigricollis*, *S. ussicollis*), aves como tucanes (familia Ramphastidae) y loros (familia Psittacoidea) (de la Torre et al., 2008), es considerada como una madera blanda y liviana con un peso específico entre 400 y 550 kg m⁻³, susceptible al ataque de insectos y hongos, y se usa en carpintería de obra y mueblería (Rodríguez Rojas & Sibille Martina, 1996).

Sterculia colombiana carece de estudios referentes a las características de germinación y crecimiento en estado silvestre, esto la convierte en un objeto de estudio importante para la conservación y propagación de especies, así como para garantizar servicios ecosistémicos y de mantenimiento del equilibrio ecológico, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la germinación *in situ* y *ex situ*, de la especie *S. colombiana* y sus características de crecimiento posterior a la plantación en coberturas de suelo de bosque primario y zonas intervenidas.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA), ubicado en las coordenadas x: 178879; y: 9863155, zona 18, de la Universidad Estatal Amazónica, en el cantón Arosemena Tola, provincia de Napo, Ecuador, en el período 2019-2020. Su clima se clasifica como muy húmedo cálido (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2006). La temperatura promedio durante el período del proyecto fue de 23,30 °C y la precipitación promedio fue 181,60 mm/mes (The Weather Chanel, 2020). Las estaciones meteorológicas más cercanas se ubican a 30 km en dirección norte a 590 m s. n. m. y a 30 km dirección sur a 957 m s. n. m.

Se identificó un árbol semillero de *Sterculia colombiana*, en las instalaciones del CEIPA en el bosque primario, este tenía una altura aproximada de 40 m, el cual presentó frutos entre marzo y mayo 2019, los cuales se ubicaban en la copa del árbol, las ramas inferiores no presentaron frutos. Se colectaron frutos maduros en marzo del 2019. En los frutos obtenidos se seleccionaron semillas que no germinaron en el fruto y sin necrosis, perforaciones, micosis o consistencia blanda. Se desinfectó las semillas con un fungicida a base de N-(triclorometilto) ciclohex-4-en1,2-dicarboximida, se aplicó una dosis de 1 g kg⁻¹ de semilla seca y se registró el diámetro longitudinal y transversal en una muestra de treinta semillas.

Se desarrollaron pruebas de germinación en invernadero (*ex situ*) y en el sitio donde se ubica el árbol semillero (*in situ*), luego, las plantas desarrolladas en invernadero se establecieron en dos hileras ubicadas en condiciones de bosque primario (BP-1) y en la zona intervenida (ZI) con vegetación de recambio. Plantas germinadas de la prueba *in situ*, se sembraron también en hileras ubicadas en bosque primario (BP-2), sus coordenadas y descripción se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ubicación y características del sitio donde se ubicaron las hileras de semillas de *Sterculia colombiana*, en Arosemena Tola, Napo, Ecuador, marzo-mayo 2019.

Table 1. Location and characteristics of the rows where *Sterculia colombiana* seeds were located in Arosemena Tola, Napo, Ecuador March-May 2019.

Zona	Identificación hilera	Altitud m s. n. m.	Pendiente (%)	Coordenadas UTM (WGS 84)		Cobertura del suelo
				X	Y	
Bosque primario	BP-1a	677	8,00	175405	9865007	Bosque primario
	BP-1b			175414	9865009	Bosque primario
Intervenida	ZI-1		6,00	177670	9862889	Arbolado de guabas
	ZI-2	540		177701	9862843	Arbolado de melastomataceas
Bosque primario	BP-2a	681	7,00	175431	9865048	Bosque primario
	BP-2b			175431	9865041	Bosque primario

El invernadero donde se desarrollaron las evaluaciones *ex situ* poseía una cubierta interna de malla sarán al 50 %, la cual también cubre las paredes laterales del mismo, dentro se sembraron las semillas en bandejas de germinación con turba tipo CLASSMA rubia en cinco réplicas, con diez semillas por réplica y distribuidas al azar; para ello, se tomó como referencia el trabajo de Pablo-Pérez et al. (2013), quienes desarrollaron pruebas en *Lupinus campestris*, colectadas de plantas silvestres, y el de Torres-Torres et al. (2018a) en *Hymenaea oblongifolia*. Se registró la temperatura y la humedad relativa a través de un termómetro con Data Loader y la luminosidad con un luxómetro, se aplicó riego a través de nebulizadores cada tres días.

En el sitio donde se encontró el árbol semillero (*in situ*), se sembraron semillas en bandejas de germinación con hojarasca del sector, con diez semillas por réplica y cinco réplicas, no se aplicó riego, debido a que en la zona existe la presencia constante de lluvias, además, se registró la temperatura ambiente y humedad con un termómetro con Data Loader ubicado en el CEIPA a 4 km del sitio del ensayo.

Para las pruebas de germinación, se aplicó un diseño experimental de parcelas divididas para las condiciones de invernadero y siembra *in situ*; dentro de cada una de estas condiciones se ordenaron las bandejas en bloques completos al azar. En cada medición, se registraron las condiciones ambientales de temperatura ambiente con un termómetro ambiental ubicado en la hilera BP-1 y uno en ZI-1 y a partir de los 75 días con un termómetro digital con Data Loader ubicado de igual forma, uno en el bosque primario y el otro en la zona intervenida. Se registró en cada medición la temperatura del suelo con un termómetro punzón digital.

Las variables registradas fueron días a la emergencia de la planta y a partir de esta, se midieron cada siete días en las plantas en invernadero y cada quince días en las plantas en el sitio de colecta: número de plántulas emergidas; altura de la planta, medida con una regla desde la base de la planta hasta la altura de la hoja más alta; diámetro del tallo tomado a la altura del cuello de la planta, medido con un pie de rey (calibrador Vernier); y el número de hojas en cada planta. Estas medidas se tomaron hasta los 45 días desde la emergencia, tanto en el invernadero como en el ensayo *in situ*. Se tomaron datos de la temperatura del sustrato (con un termómetro punzón), la temperatura ambiental (con termómetro con Data loader) y la intensidad lumínica (con luxómetro).

Para las variables medidas en la germinación, se estimó los estadísticos de días a la emergencia, porcentaje de plantas emergidas, número de hojas altura y diámetro del tallo. La variable porcentaje de emergencia se transformó mediante la función arcoseno y las variables días a la emergencia y número de hojas mediante la función raíz cuadrada (Herrera Villafranca, 2013). Se realizó un análisis de varianza para determinar si existían diferencias entre el ensayo desarrollado *in situ* y el desarrollado en invernadero, además de una prueba de comparación de medias de Duncan (Abril-Saltos et al., 2018). Para el análisis de los datos se empleó el programa INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2020).

Al alcanzar las plantas en el invernadero una altura aproximada de 12 cm, en abril del 2019 fueron trasladadas hacia el CEIPA, se colocaron en dos hileras en bosque primario, a 35 m desde la ubicación del árbol semillero, con presencia de árboles entre 30 a 40 m de alto y poca presencia de vegetación en el sotobosque, las hileras se ubicaron en sentido transversal a la pendiente.

También se colocaron dos hileras en otro sector del CEIPA donde existe plantación de recambio, con árboles con edad entre cinco a diez años, una altura aproximada de 12 m y poca vegetación en el sotobosque. Se plantaron doce plantas en cada hilera con una distancia entre plantas de 2 m, se colocó una baliza marcada con pintura roja para la identificación de la planta, luego se tomaron datos cada 30 días de la altura de la planta, medida con regla desde la base del tallo hasta la altura de la yema apical; del diámetro del tallo, registrado a la altura del cuello del tallo; número de hojas verdes, amarillas y secas hasta los 360 días desde la plantación.

Las plantas obtenidas en el ensayo del sitio de colecta, fueron trasplantadas en junio del 2019 cuando alcanzaron una altura aproximada de 12 cm, debido a que tardaron mayor tiempo en emerger y presentaron menores porcentajes de emergencia, por este motivo, solo se plantó en dos hileras con doce plantas en cada hilera en la zona BP-2 en el bosque primario, a 70 m del árbol semillero, bajo los mismos criterios antes citados para las plantas procedentes del invernadero.

En ambos casos, en las plantas obtenidas en el invernadero y las plantas *in situ*, se registró de cada planta: la altura, el diámetro del tallo y el número de hojas, después de su trasplante. Las frecuencias de medición se consideraron posterior a la fecha de trasplante, el período abril 2019 - abril 2020 para las plantas procedentes del invernadero y el periodo junio 2019 - junio 2020 para las germinadas *in situ*. Se realizó un muestreo de suelo en cruz con pala a 15 cm de profundidad y se colectó tres muestras de suelo por hilera. Se determinó la textura, el pH y la concentración de nutrientes (carbono, fósforo, nitrógeno, potasio y calcio). Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Amazónica.

Se estimó la concentración de carbono y materia orgánica mediante calcinación (Izquierdo Bautista & Arévalo Hernández, 2021); pH con el uso de un potenciómetro; la textura de suelo mediante el método de Bouyoucos y el Método Olsen; la determinación de fósforo, potasio, calcio y magnesio, se realizó por colorimetría y se estimó la absorbancia a una longitud de onda de 680 nm mediante el uso del espectrofotómetro (Bravo et al., 2017).

Para determinar la densidad de raíces, se tomó una muestra superficial del suelo en cada hilera, con la ayuda de un cilindro metálico de 7,20 cm de diámetro x 5,20 cm de profundidad; a la muestra se le extrajeron las raíces y se determinó la densidad a través de la fórmula de Newman (Guevara & Guenni, 2013).

Los datos tomados en cada medición, se tabularon en una matriz de Excel, en esta se determinó los estadísticos como media y coeficiente de variación para cada fecha de monitoreo. Con los valores promedio de altura y diámetro del tallo de las veinticuatro plantas correspondientes a las dos hileras instaladas en cada zona, se generaron las curvas de crecimiento inicial para el primer año de desarrollo de las plantas, con el programa Table Curve 2D (SYSTAT Software Inc., 2002), donde se consideraron los modelos de crecimiento de naturaleza lineal, cuadrático, cúbico, exponencial y logístico. Los criterios aplicados para elegir el mejor modelo de ajuste incluyeron: el mayor coeficiente de determinación, menor error estándar, significancia de los parámetros y la simplicidad del modelo (Abril-Saltos et al., 2018).

Se aplicó un análisis de varianza para el crecimiento en altura, diámetro, número de hojas y supervivencia a los 360 días entre las hileras BP-1, BP-2 y ZI, con los valores medios de cada hilera, para determinar si hubo diferencia en el crecimiento en campo entre las plantas que fueron trasplantadas desde invernadero y plantadas en el bosque primario y zona intervenida con las germinadas y plantadas en el sitio de colecta.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson R^2 , a través del programa SPSS (International Business Machine, 2013), entre las medidas altura, diámetro del tallo, número de hojas y supervivencia con las características de temperatura del aire, temperatura del suelo y características del suelo como: pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, materia orgánica y densidad de raíces, para esto se consideró la última medición donde todas las hileras tuvieran por lo menos un 50 % de plantas sobrevivientes.

Resultados

Las semillas de *Sterculia colombiana* presentaron en promedio un diámetro longitudinal de 10,20 mm con una desviación estándar de $1,30 \pm 0,18$ y transversal de 3,80 mm con una desviación estándar de $1,10 \pm 0,16$. En el ensayo en invernadero, las plantas presentaron una media de 10,70 días a la emergencia con un error estándar de $\pm 0,16$, con 10 y 60 % de emergencia a los 7 y 15 días, respectivamente, desde la siembra. Los mayores valores de emergencia diaria se alcanzaron a los 15 días y la emergencia acumulada alcanzó un 86 % a los 20 días, a partir de los cuales ya no se reportó más emergencia (Figura 1A).

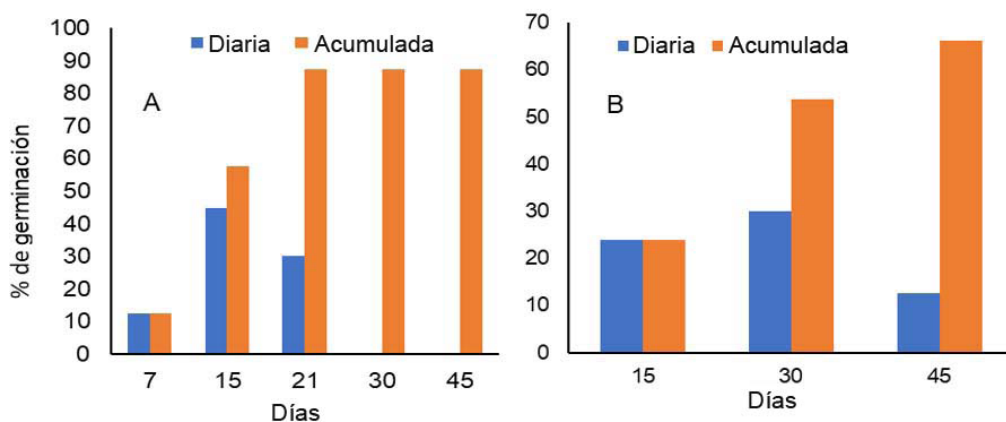


Figura 1. Curvas de germinación diaria y acumulada de las semillas de *Sterculia colombiana*. a) Invernadero Tarqui, Pastaza, Ecuador. b) Sitio de colecta. Arosemena Tola, Napo. Marzo-mayo 2019.

Figure 1. Daily and cumulative germination curves. a) Greenhouse, Tarqui, Pastaza, Ecuador. b) Collection site, Arosemena Tola, Napo. March-May 2019.

Las semillas sembradas en el sitio de colecta presentaron una media de 27,40 días a la emergencia, con valores máximos de emergencia diaria en un 23 % a los 15 días; alcanzaron su máxima emergencia acumulada a los 45 días con una media del 67,50 % (Figura 1B). En cuanto al desarrollo de las plantas a los 45 días, en invernadero alcanzaron una altura media de 17,90 cm, un diámetro de 5,20 mm y 2,20 hojas, mientras que las plantas sembradas en el sitio de colecta presentaron una media de 12,80 cm de altura, 3,60 mm de diámetro y 0,90 hojas.

Los registros de temperatura en invernadero mostraron una mínima de 15,50 °C, una máxima de 40,80 °C y una media de 23,1 °C, con una media de 78,70 % de humedad relativa; mientras que las bandejas ubicadas en el

sitio de colecta reportaron una media de 23,40 °C con una máxima de 27,10 °C y una mínima de 19,70 °C y una humedad relativa promedio de 85 %. A su vez, los registros de luminosidad mostraron en el sitio de colecta (*in situ*) una media de 1271 $\mu\text{g mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$, una mínima de 111,37 $\mu\text{g mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$, una máxima de 3322 $\mu\text{g mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ y un coeficiente de variación del 125 %. En el invernadero se reportó una media de 657 $\mu\text{g mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$, una mínima de 27,80 $\mu\text{g mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$, una máxima de 3317 $\mu\text{g mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ y un coeficiente de variación del 199 %.

En el análisis de varianza, el lugar del ensayo de germinación presentó diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para las variables días a la emergencia, porcentaje de emergencia a los 15 y 30 días, altura de la planta, número de hojas a los 45 días y el diámetro del tallo reportó diferencias altamente significativas ($p \leq 0,001$).

La prueba de comparación de medias (Cuadro 2), mostró que las plantas desarrolladas en invernadero presentaron mejores resultados que las sembradas *in situ* en todas las medidas.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias para la germinación y crecimiento en bandeja de semillas de *Sterculia colombiana*. Arosemena Tola, Napo y en invernadero Tarquí, Pastaza, Ecuador, marzo-mayo 2019.

Table 2. Means comparison test for *Sterculia colombiana* germination and tray seeds growth, Arosemena Tola, Napo and in greenhouse Tarquí, Pastaza, Ecuador, March-May 2019.

Variable	Medias	
	Invernadero	<i>In situ</i> (sitio de colecta)
Días a la emergencia	3,28 (10,80) a	5,23 (27,40) b
Porcentaje de emergencia a los 15 días	0,86 (60 %) a	0,51 (23,80 %) b
Porcentaje de emergencia a los 30 días	1,21 (90%) a	0,84 (55 %) b
Altura de la planta (cm) a los 45 días	17,90 a	12,80 b
Diámetro del tallo (mm) a los 45 día	5,13 a	3,63 b
Número de hojas a los 45 días	1,49 (2,20)a	0,3 (0,89) b

Datos transformados según función arcoseno. Valores entre paréntesis indican las medias originales a, b: valores con letras comunes no difirieron para $p < 0,05$. / Transformed data according to arcsine function. Values in parentheses indicate the original means a, b: values with common letters not differ to $p < 0,05$.

Los modelos de crecimiento evaluados para altura en *S. colombiana*, tomados de las veinticuatro plantas instaladas en cada zona (Cuadro 3), mostraron aquellos que resultaron significativos, tanto para el modelo como para los parámetros, tuvo como mejor ajuste el modelo cúbico en BP-2, cuadrático en BP-1 y en ZI solo se reportó como significativo el modelo lineal, esto implica que el bosque primario *S. colombiana* mostró cambios en la velocidad de crecimiento, mientras que en la zona intervenida el crecimiento fue constante.

La altura de *S. colombiana* (Figura 2) en la zona intervenida fue la que alcanzó el mayor desarrollo en el período de evaluación, con 37,50 cm, con una tasa de crecimiento constante de 0,067 cm/día. Las plantas en BP-1 presentaron un crecimiento de 26,90 cm al final de la evaluación, con una tasa de crecimiento de 0,11 cm/día hasta los 30 días y con una tasa de 0,04 cm/día hasta los 210 días, a partir de los cuales disminuyó a 0,03 cm/día. BP-2 mostró una altura al final de la evaluación de 22,9 cm, con una tasa de crecimiento de 0,06 cm/día hasta los 30 días, a partir de los cuales disminuyó a 0,03 cm/día.

En el crecimiento del diámetro, los modelos que reportaron valores significativos para el modelo y parámetros se muestran en el Cuadro 4, donde el modelo cuadrático presentó mejor ajuste en las hileras BP-2 y ZI, mientras que el modelo exponencial lo fue en BP-1.

Cuadro 3. Modelo para el crecimiento en altura del tallo de plantas de *Sterculia colombiana*, en Arosemena Tola, Ecuador. 2019-2020.

Table 3. Growth model of *Sterculia colombiana* steam height of the plants in Arosemena Tola, Napo, Ecuador. 2019-2020.

	Modelo	Signif. P>F	R2	EE (±)	Significación de los parámetros				
					Criterio	a	b	c	d
BP-2 (germinadas <i>in situ</i>)	Cuad.	>0,01	0,96	0,68	valor est.	14,5086	0,0545	-0,00009	
					valor de P	0	0	0,00100	
	Lin.	<0,01	0,82	1,31	valor est.	16,0334	0,0248		
BP-1 (germinadas en invernadero)	Cub.	>0,01	0,97	0,91	valor est.	11,5085	0,1181	-0,00041	0,0000006
					valor de P	0	0	0,00600	0,0312300
	Cuad.	<0,01	0,95	1,12	valor est.	12,3824	0,0800	-0,00012	
				valor de P	0	0	0,001		
ZI (germinadas en invernadero)	Lin.	<0,01	0,87	1,75	valor est.	14,4732	0,0385		
					valor de P	0	0		
	Lin.	>0,01	0,97	1,55	valor est.	13,3080	0,0673		
				valor de P	0	0			

Lin.: lineal, Cuad.: cuadrático; Cub.: cúbico V. est: valor estimado; V. de P: Valor de p. / Lin.: lineal; Cuad.: quadratic; Cub.: cubic; V. est: estimated value; V. de P: p value.

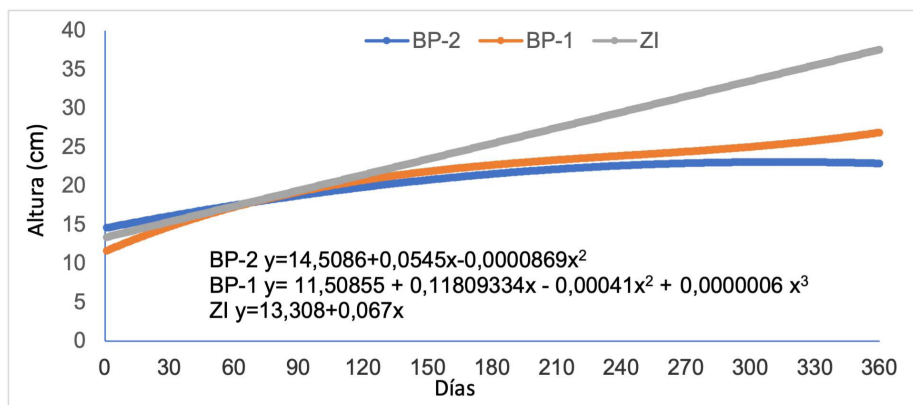


Figura 2. Crecimiento en altura del tallo de *Sterculia colombiana* en Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

BP-1: bosque primario 1, BP-2: bosque primario 2, ZI: zona intervenida.

Figure 2. Growth of *Sterculia colombiana* stem height in Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

BP-1: primary Forest, BP-2: primary forest 2; ZI: intervened zone.

En el diámetro del tallo (Figura 3), ZI alcanzó el mayor crecimiento con 9,8 mm al final del período, con una tasa inicial de crecimiento de 0,03 mm/día hasta los 60 días, a partir de los cuales disminuyó a 0,02 mm/día. BP-1 alcanzó los 7 mm al final de la evaluación con una tasa de crecimiento de 0,008 mm/día hasta los 270 días, a partir de los cuales incrementó a 0,01 mm/día. BP-2 alcanzó un diámetro de 5,1 mm y una tasa de crecimiento de 0,005 mm/día a partir de ahí decreció hasta los 8,3 mm al final de la evaluación y una tasa de crecimiento de 0,003 mm/día.

El número de hojas (Cuadro 5) a los 360 días, alcanzaron una media de cuatro, la mayor cantidad de hojas se obtuvo a los 330 días, con una media de 4,1, el máximo se obtuvo en la hilera ZI-1, con una media de 8,4, mientras

Cuadro 4. Modelo para el crecimiento en diámetro del tallo de *Sterculia colombiana* en Arosemena Tola, Ecuador, 2019-2020.

Table 4. Model for the *Sterculia colombiana* growth of steam diameter in Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

	Modelo	Signif. P>F	R ²	EE (±)	Criterio	Significación de los parámetros		
						a	b	c
BP-2 (ger. <i>in situ</i>)	Lin.	>0,01	0,86	0,79	valor est.	3,50677	0,00445	
					valor de P	0	0,00030	
	Cuad.	>0,01	0,97	0,19	valor est.	3,81765	0,00472	-0,000012
					valor de P	0	0,02000	0,030000
BP-1 (ger. en invernadero)	Lin.	>0,02	0,96	0,22	valor est.	3,62790	0,00870	
					valor de P	0	0	
	Exp.	>0,01	0,97	0,19	valor est.	3,73670	0,00472	-0,000010
					valor de P	-582,84640	0,02000	0,030000
Cuad.	>0,01	0,99	0,21	valor est.	3,03110	0,02900	-0,000029	
				valor de P	0	0	0,000300	
ZI (ger. en invernadero)	Lin.	>0,02	0,97	0,40	valor est.	3,56990	0,01880	
					valor de P	0	0	

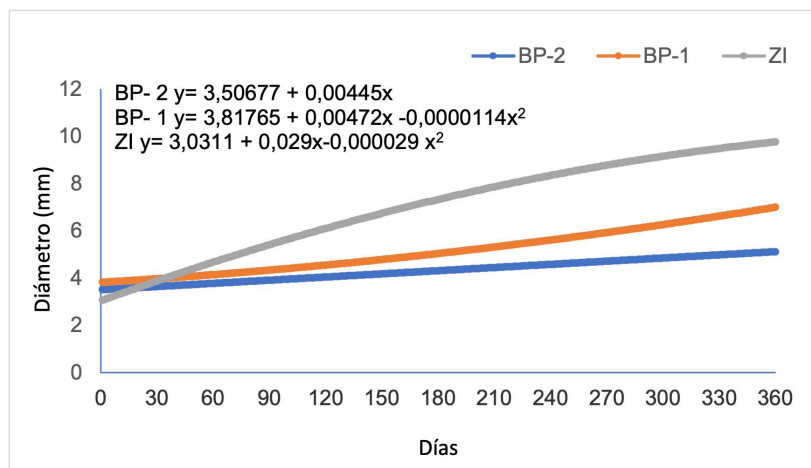


Figura 3. Crecimiento en diámetro del tallo de *Sterculia colombiana*, en Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2018-2020.

BP-1: bosque primario, BP-2: bosque primario 2, ZI: zona intervenida.

Figure 3. Growth of *Sterculia colombiana* steam diameter in Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2018-2020.

BP-1: primary forest 1; BP-2: primary forest 2; ZI: intervened zone.

que en BP-2, las plantas presentaron menor número de hojas en todos los períodos de medición, no se presentaron hojas amarillas o secas en el período. Las hileras BP-2 a y ZI-1 mantuvieron un 100 % de supervivencia hasta los 90 días, en BP-1b hasta los 60 días y en ZI-2 no hubo pérdida de plantas hasta los 330 días, ZI-2 fue la que presentó el mayor porcentaje de supervivencia al final de la evaluación con un 90 % (Cuadro 5).

El análisis de varianza de las variables de crecimiento y el tipo de cobertura, no mostró diferencias significativas para $p \leq 0,05$, en las medidas de altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y supervivencia, tanto para los diferentes tipos de cobertura como para las plantas propagadas en invernadero e *in situ*.

Cuadro 5. Número de hojas y supervivencia (%) de *Sterculia colombiana*, en las hileras de estudio en Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

Table 5. *Sterculia colombiana* number of leaves and survival (%) in the study rows in Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

Medida	Hilera	Días												
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Número de hojas	BP-1a	0	2,10	2,90	2,60	2,70	2,80	3,70	3,40	3,50	3,50	3,70	3,50	3,50
	BP-1b	1,80	2,10	2,40	2,60	2,70	2,70	2,80	2,60	2,80	2,60	2,90	2,90	3,10
	ZI-1	1,60	2,60	3,20	3,00	4,90	4,40	5,40	5,30	6,10	6,90	7,70	8,40	7,00
	ZI-2	2,20	2,40	2,50	3,40	3,60	3,20	4,30	4,40	4,20	3,90	4,00	4,00	4,20
	BP-2a	1,60	2,00	2,40	2,50	2,60	2,60	2,60	2,30	2,40	2,30	2,30	2,30	2,30
	BP-2b	1,90	2,20	2,40	2,60	2,70	2,80	2,90	2,90	2,90	2,90	3,40	3,40	3,90
	media	1,50	2,20	2,60	2,80	3,20	3,10	3,60	3,50	3,70	3,70	4,00	4,10	4,00
	Supervivencia (%)	BP-1a	100	100	85,00	85,00	75,00	70,00	70,00	65,00	65,00	60,00	60,00	60,00
	BP-1b	100	100	100	95,50	86,40	86,40	81,80	77,30	77,30	68,20	63,60	61,40	59,10
	ZI-1	100	100	100	100	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	65,00
	ZI-2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90,00
	BP-2a	100	100	100	100	83,00	86,00	75,00	75,00	75,00	67,00	50,00	50,00	50,00
	BP-2b	100	75,00	75,00	75,00	75,00	67,00	67,00	67,00	67,00	33,00	33,00	33,00	33,00
	media	100	95,80	93,30	92,60	81,60	79,90	77,30	75,70	75,70	66,40	62,80	62,40	59,10

Con respecto a las condiciones de temperatura y humedad en el crecimiento en campo (Cuadro 6), se observó mayor temperatura promedio del aire en la zona intervenida, mientras que en el bosque primario difirió en 0,10 °C entre los períodos de crecimiento de BP-1 y BP-2, igual comportamiento se presentó en la temperatura del suelo, pero con una diferencia de 0,60 °C entre los periodos de crecimiento de BP-1 y BP-2. A nivel de las temperaturas extremas, se reportó en las hileras a nivel general una mínima de 17,6 °C y una máxima de 34,6 °C. En la humedad relativa, hubo un mayor valor en las hileras BP-1 en su período de crecimiento, con respecto al resto de hileras.

El suelo de las hileras en estudio es de características ácidas; la hilera BP-1a presentó el valor más bajo con un pH de 4,11, mientras que en ZI-1 se dio el mayor pH de todas las hileras con 5,28. En la textura se

Cuadro 6. Condiciones de humedad relativa, temperatura del aire y del suelo en que creció *Sterculia colombiana*, en Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

Table 6. Conditions of relative moisture, air temperature and soil temperature where *Sterculia colombiana* grew, Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

Medida	Mínimo	Máximo	Promedio	Error estándar	Coefficiente de variación
Temperatura del aire BP-1 (°C)	17,60	32,10	22,10	±0,22	3,40
Temperatura del aire BP-2 (°C)	17,60	32,30	22,00	±0,20	3,20
Temperatura del aire ZI (°C)	17,70	34,60	22,40	±0,24	3,70
Humedad relativa BP-1 (%)	51,00	100	92,10	±0,93	3,50
Humedad relativa BP-2(%)	47,70	100	91,90	±0,96	3,60
Humedad del aire ZI	45,20	100	90,80	±1,02	3,90
Temperatura del suelo BP-1 (°C)	20,80	26,00	22,10	±0,41	6,40
Temperatura del suelo BP-2 (°C)	21,20	26,00	22,70	±0,41	8,50
Temperatura del suelo ZI-1 (°C)	22,60	26,10	23,60	±0,56	4,20
Temperatura del suelo ZI-2 (°C)	21,60	25,80	23,40	±0,56	4,30

identificaron suelos francos arcilloso y arenoso; las mayores concentraciones de nitrógeno total se encontraron en el bosque primario; la mayor concentración de fósforo se identificó en la BP-2b, que también presentó las mayores concentraciones de calcio, mientras que la mayor concentración de materia orgánica, potasio y densidad de raíces se identificó en ZI-1 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Características del suelo en las hileras de desarrollo de plantas de *Sterculia colombiana* en Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

Table 7. Soil characteristics in the development rows of *Sterculia colombiana* plants in Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

Hilera	pH	Textura	Concentración promedio					Densidad de raíces
			N (%)	P (ppm)	K	Ca	MO (%)	
BP-1a	4,11	Franco arcilloso arenoso	0,60	8,20	0,20	0,70	9,30	0,03
BP-1b	4,36	Franco	0,50	7,80	0,10	0,70	6,70	0,23
ZI-1	5,28	Franco arcilloso arenoso	0,60	14,90	0,20	3,10	4,80	0,33
ZI-2	5,22	Franco arcilloso	0,30	12,10	0,20	2,30	4,90	0,14
BP-2a	4,43	Franco	1,00	6,70	0,30	1,90	34,30	0,16
BP-2b	4,43	Franco arcilloso arenoso	0,70	17,50	0,300	2,30	31,50	0,16

Hubo correlación entre las variables del crecimiento; la altura de la planta presentó correlaciones significativas al 0,01 con el diámetro del tallo y el número de hojas. El diámetro del tallo mostró correlaciones significativas ($p < 0,01$) con el número de hojas. En cuanto a la influencia de las condiciones de temperatura en el crecimiento, el diámetro del tallo reportó correlaciones significativas ($p < 0,05$) con la temperatura media y las temperaturas máxima y mínima, de igual forma, el número de hojas con la densidad de raíces (Cuadro 8). No se reportaron correlaciones

Cuadro 8. Análisis de correlación de Pearson R^2 entre medidas de crecimiento de *Sterculia colombiana* y factores ambientales y del suelo en Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

Table 8. Pearson R^2 correlation test between growth measures of *Sterculia colombiana* and environmental and soil factors in Arosemena Tola, Napo, Ecuador, 2019-2020.

	Altura de la planta	Diámetro del tallo	Numero de hojas	Supervivencia
Diámetro del tallo	0,96**			
Número de hojas	0,98**	0,95**		
Supervivencia	0,05	-0,09	0,74	
Temperatura del aire	0,81	0,89*	0,71	0,75
Temperatura del aire máxima	0,81	0,87*	0,72	0,72
Temperatura del aire mínima	0,81	0,89*	0,75	0,75
Temperatura del suelo	0,79	0,74	0,71	-0,08
pH	0,78	0,81	-0,30	0,64
Nitrógeno	-0,19	-0,41	0,64	-0,70
Fósforo	0,44	0,37	-0,11	-0,21
Potasio	-0,06	-0,21	0,69	-0,51
Calcio	0,72	0,61	-0,48	0,10
Materia orgánica	-0,39	-0,58	-0,40	-0,74
Densidad de raíces	0,69	0,65	0,88*	-0,05

*Correlación significativa al 0,05. **correlación significativa al 0,01. / *Significative correlation at 0.05. ** Significant correlation at 0.01.

significativas entre las medidas de crecimiento y la concentración de nutrientes, nitrógeno, fósforo, potasio y calcio y materia orgánica.

Discusión

La especie *S. colombiana* presentó diferencias en la germinación entre los ensayos desarrollados en invernadero y el sitio de recolecta. El ensayo desarrollado en el invernadero presentó mayor velocidad y porcentaje de germinación, lo cual pudo haber sido influido por factores como el sustrato y la variación de temperatura.

La temperatura media entre el invernadero y el sitio de colecta, presentó una diferencia de 0,30 °C, si bien se reporta una mayor temperatura promedio en el sitio de colecta, las medidas en el invernadero mostraron mayor variabilidad entre la temperatura máxima y la temperatura mínima, lo cual, según plantearon Hartmann et al. (2014), la alternancia entre las temperaturas diurnas y nocturnas en algunas especies puede generar una respuesta en la velocidad y porcentaje de germinación, mientras que al tener las semillas a temperatura constante, puede disminuir estos procesos. Las temperaturas cardinales son consideradas como el rango de temperaturas entre las cuales se puede producir la germinación, en la cual al llegar a la mínima comienza la germinación y esta se incrementa conforme aumenta la temperatura (Taghvaei & Ghaedi, 2010), esto pudo explicar la obtención de menor número de días a la emergencia, ya que en el invernadero se obtuvo una menor temperatura que en las plantas sembradas en el ensayo en el bosque primario.

Estudios desarrollados en *Norvina parviflora* por Reyes-Bautista y Rodríguez Trejo (2005), plantearon como temperatura óptima para germinación entre 20 a 25 °C, donde también se presentó una mayor respuesta en las semillas que no estuvieron expuestas a la luz. El nivel de luminosidad en el invernadero, al estar colocadas las semillas bajo malla serán al 50 %, generó una luminosidad media del 52 % con respecto a la presentada en el sitio de colecta, lo cual confirma lo planteado por los autores citados.

En este trabajo, la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de hojas, presentaron correlaciones significativas al 0,01, pero con respecto a los factores ambientales y de suelo, solo se reportó correlación al 0,05 entre la temperatura del aire mínima, máxima y media con el diámetro del tallo. Estudios realizados en *Qinghai spruce*, reportaron correlaciones positivas al 0,5 entre el diámetro del tallo y las temperaturas máximas, mínimas y media (Wan et al., 2020). También se mostraron correlaciones significativas entre la altura del tallo y la temperatura del día y del diámetro con la temperatura del día y la temperatura nocturna (Way & Oren, 2010), en este aspecto Wan et al. (2020) plantearon que el crecimiento del tallo se inicia cuando las células del cambium se alargan y se dividen, esta actividad es controlada por la temperatura. En cambio, otros autores como Quanyan et al. (2017) manifestaron que el crecimiento se ve más influenciado por la temperatura del suelo que por la temperatura del aire. Estudios desarrollados en *Pinus taiwanensis* Hayata mencionaron que esto se debe a que la producción de células del xilema incrementa su actividad con el incremento de temperatura (Liu et al., 2018),

La supervivencia de *S. colombiana*, disminuyó en mayor proporción en el bosque primario con respecto al paso del tiempo, lo cual pudo deberse a una mayor depredación por fauna silvestre, sin embargo, al final de la evaluación, no mostró diferencias significativas con respecto a la zona intervenida. En *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart, con plantas de ocho meses de edad y 15 cm de altura en promedio, trasplantadas a macetas en condiciones de bosque y claros, después de haber sido desarrolladas en invernadero a media sombra, mostraron porcentajes de supervivencia superiores al 90 % en los primeros 180 días (Moretti et al., 2019), mientras que Sigala-Rodríguez et al. (2015) en plantas de *Pinus pseudostrobus*, reportaron con plantas trasplantadas de vivero con dos años de edad supervivencia inferior al 75 % en los primeros dos meses, inferior al 50 % a los tres meses e inferior al 25 % en los cuatro meses, con un promedio del 4,2 % al final de catorce meses. Estudios realizados en cinco especies

sembradas en invernadero y trasplantadas bosque secundario por Ley-López et al. (2016), indicaron porcentajes de supervivencia entre el 30 al 90 %, después de un año de crecimiento.

En *Pinus greggi* se reportaron mejores porcentajes de supervivencia en sectores con mayor concentración de nutrientes, con diferencias significativas para concentraciones de materia orgánica, potasio, calcio y magnesio, y mayores porcentajes de supervivencia en los suelos con mayores concentraciones de estos elementos (Domínguez-Calleros et al., 2017), en el presente trabajo, el análisis de correlación R^2 , no mostró correlaciones significativas entre la supervivencia y el contenido de nutrientes.

Conclusiones

S. colombiana presentó mayores valores en todas las variables evaluadas de germinación en los ensayos en invernadero, a su vez no existieron diferencias entre las medidas de crecimiento final y supervivencia post trasplante entre las plantas germinadas en el sitio de colecta y las plantas germinadas en invernadero.

La temperatura del aire en sus valores máximos, mínimos y promedio, influyeron sobre el crecimiento en diámetro y la densidad de raíces sobre el número de hojas. No se hubo influencia de las temperaturas del aire y del suelo sobre el crecimiento en altura de la planta, así como la cobertura del suelo.

Referencias

- Abril-Saltos, R. V., Ruiz-Vasquez, T. E., Alonso-Lazo, J., & Cabrera-Murillo, G. M. (2018). Crecimiento inicial de *Eugenia stipitata*, *Inga spectabilis* e *Inga edulis* en Napo, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 275–291. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.28759>
- Aiyeloja, A. A., & Azeez, A. K. (2010). Growth response of *Sterculia setigera* del. to different types of fertilizers and watering regimes in the nursery. *Journal of Agriculture and Social Research*, 10(1), 127–139. <https://doi.org/10.4314/jasr.v10i1.67534>
- Bayen, P., Lykke, A. M., Ouédraogo, A. & Thiombiano, A. (2015). Population Structure in Natural Stands, Seed Germination and Seedling Growth of *Sterculia setigera* under Nursery Conditions in Burkina Faso (West Africa). *International Journal of Plant & Soil Science*, 7(4), 202–210. <http://doi.org/10.9734/IJPSS/2015/17562>
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *Revista Electrónica Veterinaria*, 18(11), 6–12.
- Cerón, C., & Montalvo, C. (1998). *Etobotánica de los Huaorani de Quehueiri-ono Napo- Ecuador*. Abya Ayala.
- Domínguez-Calleros, P. A., Rodríguez- Laguna, R., Capulín-Grande, J., Razo- Zárate, R., & Díaz-Vásquez, M. A. (2017). Influencia de factores edáficos en el crecimiento de una plantación de *Pinus greggii* Engelm en Santiago de Anaya, Hidalgo, México. *Madera y Bosques*, 23(2), 145–154. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321522>
- de la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M., & Balslev, H. (Eds.) (2008). *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador* (1ª ed). Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus.

- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat* (versión 2020) [software de computador]. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Guevara, J. E., Fernández, D. M., Palacios, W. A., Rivas, G., Vivar, L., Pitman, N. C., Ulloa Ulloa, C., Cerón, C., Neill, D. A., Oleas, N., Altamirano, P., & ter Steege, H. (2019). *Lista de árboles de la Amazonía Ecuatoriana. Base Nacional de Datos de Biodiversidad del Ecuador*. Recuperado el 10 de mayo, 2022 de <http://bndb.sisbioecuador.bio/bndb/checklists/checklist.php?cl=1&pid=1>
- Guevara, E., & Guenni, O. (2013). Densidad y longitud de raíces en plantas de *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit. *Multiciencias*, 13(4), 372–380.
- Guevara, J. E., Mogollón, H., Pitman, N. C. A., Cerón, C., Palacios, W. A., & Neill, D. A. (2017). A Floristic Assessment of Ecuador's Amazon Tree Flora. In W. R. Myster (Ed.), *Forest structure, function, and dynamics in western Amazonia* (Chapter 2, pp. 27–52). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119090670.ch2>
- Hartmann, H., Kester, F., Davies, F., & Geneve, R., (2014). *Hartmann and Kester's plant propagation: principles and practices* (8th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Herrera Villafranca, M. (2013). *Métodos estadísticos alternativos de análisis con variables discretas y categóricas en investigaciones agropecuarias* (Tesis de doctorado, no publicada). Instituto de Ciencia Animal.
- Izquierdo Bautista, J., & Arévalo Hernández, J. (2021). Determinación de la materia orgánica del suelo por el método químico y por calcinación. *Revista Ingeniería y Región*, 26(1), 20–28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>
- International Business Machine. (2013). *Statistical package for the social sciences* (version 22). IBM. <https://www.ibm.com/es-es/spss>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2006). *Mapa de climas del Ecuador*. <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/>
- Kleemann J., Koo, H., Hensen, I., Mendieta-Leiva, G., Kahnt, B., Kurze, C. Inclan, D., Cuenca, P., Noh, J., Hoffmann, M., Factos, A. Lehnert, M., Lozano, P., & Fürst, C. (2022). Priorities of action and research for the protection of biodiversity and ecosystem services in continental Ecuador. *Biological Conservation*, 265(1), Article 109404. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109404>
- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa Ulloa, C., & Navarrete, H. (Eds.). (2012). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador* (2^a ed.). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Ley-López, J. M., Avalos, G., & Chacón-Madriral, E. (2016). Seedling growth and survival of five tree species in secondary forests and adjacent pastures in the montane rain forests of Southern Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1565–1583. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i4.22775>
- Liu, X., Nie, Y., & Wen, F. (2018). Seasonal Dynamics of Stem Radial Increment of *Pinus taiwanensis* Hayata and Its Response to Environmental Factors in the Lushan Mountains, Southeastern China. *Forests*, 9(7), Article 387. <https://doi.org/10.3390/f9070387>
- López Medina S. E., & Gil Rivero A. E. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) “cacao”. *Arnaldoa*, 24(2), 609–618. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>
- Martínez-Camacho, Y. D., Castillo-Argüero, S. Martínez-Orea, Y., & Sánchez-Coronado, M. E. (2018). Ecofisiología de la germinación de *Acaena elongata* (Rosaceae), una especie indicadora de perturbación de un bosque templado, al sur de la Ciudad de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), 806–814. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2306>

- Mejía, V., Orellana, D., & Cabrera-Barona, P. (2021). Cambio de uso de suelo en la Amazonía norte del Ecuador: un análisis a través de imágenes satelitales nocturnas VIIRS e imágenes LANDSAT. *Universidad-Verdad*, 78(1), 10–29. <https://doi.org/10.33324/uv.v1i1.355>
- Moretti, A. P., Olguin, F. Y., Pinazo, M. A., Gortari, F., Vera Bahima, J., & Corina, G. (2019). Supervivencia y crecimiento de un árbol nativo maderable bajo diferentes coberturas de dosel en el Bosque Atlántico, Misiones, Argentina. *Ecología Austral*, 29(1), 99–111. <https://doi.org/10.25260/EA.19.29.1.0.779>
- Pablo-Pérez, M., Lagunes-Espinoza, L., López-Upton, J., Ramos-Juárez, J., & Aranda-Ibáñez, E. M. (2013). Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus silvestres*. *Bioagro*, 25(2), 101–108.
- Pérez-Hernández, I., Ochoa-Gaona, S., Vargas-Simón, G., Mendoza-Carranza, M., & González-Valdivia, N. A. (2011). Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. *Madera y Bosques*, 17(1), 71–91. <https://doi.org/10.21829/myb.2011.1711155>
- Quanyan, T., Zhibin, H., Shengchun, X., Xiaomei, P., Aijun, D., & Pengfei, L. (2017). Response of stem radial growth of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) to environmental factors in the Qilian Mountains of China. *Dendrochronologia*, 44(1), 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.04.001>
- Reyes-Bautista, Z., & Rodríguez Trejo, D. A. (2005). Efecto de la luz, temperatura y tamaño de semilla en la germinación de *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11(2), 99–104.
- Rodríguez Rojas, M., & Sibille Martina, A. M. (1996). *Manual de identificación de especies forestales de la subregión Andina* (1ª ed.). Instituto Nacional de Investigación Agraria. <https://bit.ly/3Hfv7lp>
- Román, F. R., De Liones, R., Sautu, A., Deago, J., & Hall, J. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el Neotrópico*. ELTI Yale School of Forestry & Environmental Studies.
- Sigala Rodríguez, J. Á., González Tagle, M. A., & Prieto Ruiz, J. Á. (2015). Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y preacondicionamiento en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 20–31. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/205>
- SYSTAT Software Inc. (2002). *Table curve 2D* (version 5.01). <https://systatsoftware.com/products/>
- Taghvaei, M., & Ghaedi, M. (2010). The impact of cardinal temperature variation on the germination of *Haloxylon aphyllum* L. seeds. *Journal of Ecology and Environment. The Ecological Society of Korea*, 33(3), 187–193. <https://doi.org/10.5141/jefb.2010.33.3.187>
- The Weather Chanel (2020). *Tiempo mensual Santa Clara, Provincia de Pastaza*. IBM Busines. <https://bit.ly/3zncutY>
- Torres-Torres, J. J., Medina-Arroyo, H. H., & Martínez-Guardia, M. (2018a). Germinación y crecimiento inicial de *Hymenaea oblongifolia* Huber en el municipio de Istmina, Chocó, Colombia. *Entramado*, 14(2), 230–242. <http://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4760>
- Torres-Torres, J. J., Medina-Arroyo, H. H., & Martínez-Guardia, M. (2018b). Germinación de semillas silvestres de *Apeiba glabra* Aubl. (Malvaceae) y crecimiento inicial de plantas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 323–335. https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:750
- Valencia, R. (2011). Endemismo Y Estado De Conservación En La Amazonía. En León, S., Valencia, R., Pitman, N. C., Endara, L., Ulloa, C., & Navarrete, H. (Eds.), *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador* (2ª ed., pp. 38–44). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Wan, Y., Yu, P., Li, X., Wang, Y., Wang, B., Yu, Y., Zhang, L., Liu, X., & Wang, S. (2020). Seasonal pattern of stem diameter growth of Qinghai spruce in the Qilian mountains, Northwestern China. *Forests*, *11*(5), Article 494. <https://doi.org/10.3390/f11050494>
- Way, D. A., & Oren, R. (2010). Differential responses to changes in growth temperature between trees from different functional groups and biomes: A review and synthesis of data. *Tree Physiology*, *30*(6), 669–688. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq015>