








# Influencia de los abonos verdes en la fertilidad del suelo y crecimiento de *Tectona grandis* en Santo Domingo, Ecuador

## Influence of living green fertilizers on soil fertility and growth of *Tectona grandis* in the Santo Domingo, Ecuador

Lenin Patricio Jiménez-Pozo <sup>1</sup>  • Luis Armando Salcedo-González <sup>1</sup>  • Teodoro Xavier Desiderio-Vera <sup>1</sup>   
• Rocío Noemí Guamán-Guamán <sup>1</sup>  • Ángel Fabián Villavicencio-Abril <sup>1</sup>   
• Santiago Miguel Ulloa-Cortázar <sup>1</sup>  • Jorge Edison Reina-Fierro <sup>1</sup> 

Recibido: 07/08/2024

Aceptado: 12/12/2024

### Abstract

The purpose of this research was to evaluate the influence of three green fertilizers compared to a control, regarding soil fertility and the initial growth of a Teca plantation. This research was carried out in Santo Domingo of the Tsáchilas, Ecuador, during the period June 2018 to June 2019, working with three green fertilizers (*A. pintoii*, *P. vulgaris* and *C. pubescens*) and a control (weeds): The variables evaluated were: (a) the soil nutritional content (pH, OM content, macronutrients and micronutrients), (b) plant height, (c) plant diameter and (d) biomass.. The results showed no differences in the nutritional content of the soil, and that the use of any of the green fertilizer improves plant height. There was a direct relationship between the height of the plant and its diameter, which was evident from day 120 of evaluation. Finally, when evaluating the influence of green fertilizers on biomass, it was confirmed that they have a high capacity to control the incidence of weeds. Therefore, the use of green fertilizers favors the development of the plant without harming the environment.

**Keywords:** Weed control, Teak development, soil fertility, Teak.

1. Ciencias de la vida, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Sede Santo Domingo de los Tsáchilas; Santo Domingo, Ecuador; [lpjimenez@espe.edu.ec](mailto:lpjimenez@espe.edu.ec); [salcedo\\_gonzalez@yahoo.com](mailto:salcedo_gonzalez@yahoo.com); [txdesiderio@espe.edu.ec](mailto:txdesiderio@espe.edu.ec); [rocioguamang08@hotmail.com](mailto:rocioguamang08@hotmail.com); [afvillavicencio1@espe.edu.ec](mailto:afvillavicencio1@espe.edu.ec); [smulloa@espe.edu.ec](mailto:smulloa@espe.edu.ec); [jereina@espe.edu.ec](mailto:jereina@espe.edu.ec)

## Resumen

La finalidad de la presente investigación fue evaluar la influencia de tres abonos verdes, en comparación con un testigo, en cuanto a la fertilidad del suelo y el crecimiento inicial de una plantación de Teca. La investigación se realizó en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, durante el periodo junio 2018 a junio 2019, se trabajó con tres abonos verdes (*A. pintoi*, *P. vulgaris* y *C. pubescens*) y un testigo (arvenses), las variables evaluadas fueron; (a) contenido nutricional del suelo (pH, contenido de MO, macronutrientes y micronutrientes), (b) altura de la planta, (c) diámetro de la planta y (d) biomasa, se aplicó un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 %. En cuanto a los resultados, el contenido nutricional del suelo no presentó diferencias significativas, se confirmó que el uso de cualquiera abono verde mejora la altura de la planta, a su vez, se demostró que existe una relación directa entre la altura de la planta y el diámetro de la misma, lo que fue evidente a partir del día 120 de evaluación, finalmente, al evaluar los abonos verdes haciendo referencia a la Biomasa, se confirmó que estos tienen alta capacidad de controlar la incidencia de arvenses. Por lo que se afirma que el uso de los abonos verdes, favorecen el desarrollo de la planta, y permiten conservar el ambiente.

**Palabras clave:** Control de arvenses, desarrollo de la Teca, fertilidad del suelo, Teca.

## Introducción

El área forestal a nivel mundial abarca 900 millones de hectáreas de superficie terrestre [1], cabe recalcar, que la deforestación se mantiene en aumento debido al incremento de la producción agrícola alimentaria, urbanización, construcción de carreteras, pastoreo de ganado, entre otros [2], a la vez, se conoce que en Sudamérica existe una cobertura forestal de 58,1 % sin embargo, las tasas de deforestación tienden a incrementarse hasta un 2,5 % anualmente [3].

En el Ecuador el sector maderero ha logrado generar \$691,61 millones de dólares americanos (USD) durante el año 2021, lo que representa un incremento del Producto Interno Bruto (PIB) del 1,01 % convirtiéndose en una cifra superior a la del año 2020 la cual fue de 5,19 % [4], produciendo 3 500 millones m<sup>3</sup> de madera, lo que permite a los productores dedicarse de forma única y continua, a este tipo de explotación [5], a causa de la diversidad de climas, ambientes y altitudes que tiene el Ecuador, este país abarca numerosas especies forestales destinadas a la explotación, como; *Pinus radiata* D. Don. Morelet; *Eucalyptus globulus* Labill; *Humiriastrum procerum* (Little) Cuatre; seike, *Cedrelinga catenaeformis* Ducke; *Catostemma comune* Sandw; *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.)

Urb.; *Tectona grandis* Linn F.; *Cordia alliodora* L.; entre otras [6].

Las plantaciones de Teca (*Tectona grandis* Linn F) en el Ecuador, se ubican de manera principal en el litoral ecuatoriano, como son las provincias del Guayas, Manabí, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos, debido a su poca variabilidad en cuanto a clima y altitud [7].

La Teca ocupa un amplio mercado, en donde los países asiáticos y europeos son los principales compradores, mientras que los mayores índices de producción y exportación se generan en los países del sur de América, en este caso, el Ecuador ha logrado abarcar el 5 % de participación comercial [8], en este país existen 53 mil hectáreas, de lo cual, se estima que su exportación en el año 2020, ha logrado generar 38 millones de USD, cabe considerar, que dichos resultados pertenecen al 72 % de la producción de madera, puesto que el restante 28 % es usado dentro del país [9], confirmando que la Teca, es una de las principales especies forestales con facilidad de adaptación agroecológica [10].

El rendimiento y producción de una plantación forestal depende, de la capacidad productiva del área de siembra, el tipo de preparación del suelo y la técnica de manejo [11], [12]. Así mismo, Fontes *et al.* [13] mencionan, que las plantaciones forestales, al ser en gran mayoría monocultivos extensos, estos influyen sobre la degradación del suelo, en este caso, los abonos verdes, como las especies leguminosas, las cuales mantienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, además de trabajar sobre su aireación, mejorar la capacidad de retención de agua y agregan materia orgánica [14].

Además se conoce, que la producción de especies vegetales con desatinadas estrategias de silvicultura, ha logrado alterar las variables abióticas y bióticas de diversos ecosistemas, afectando a la presencia de nutrientes en el suelo y factores relacionados con la ecología [15], por ello, es indispensable la aplicación de técnicas de silvicultura [16], como es el caso del uso de abonos verdes, los cuales se han convertido en una excelente estrategia para mitigar calentamiento global [17], e incluso la pérdida de biodiversidad, seguridad alimentaria, erosión del suelo, y problemas de salud pública [18].

A la vez, existen diversas alternativas para controlar malezas (arvenses) en cultivos forestales, siendo los controles más utilizados el control mecánico y químico los cuales tienen un elevado costo, siendo el último el más utilizado, sin embargo, existen enormes desventajas en cuanto a su lenta liberación y alta toxicidad en el suelo y ambiente, por lo que entidades públicas han generado campañas que promueven la mitigación de herbicidas en las plantaciones maderables [19].

A propósito de lo argumentado Guevara et al. [20] mencionan, que las coberturas vivas o abonos verdes son una excelente opción, para controlar arvenses, pues estas pueden impedir su desarrollo natural. Cabe recalcar, que las especies leguminosas como; *Arachis pintoi* Krapov. & W.C.Greg., *Phaseolus vulgaris* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., *Crotalaria sagittalis* L., *Desmodium* sp, y *Centrosema pubescens* Benth, entre otras, son las más utilizadas, como bancos de proteína en las explotaciones ganaderas, para complementar los requerimientos nutricionales [21].

Debido a los antecedentes, la finalidad de la investigación fue evaluar la influencia de tres abonos verdes (*A. pintoi*, *P. vulgaris*, y *C. pubescens*) en comparación con un testigo (arvenses), sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento inicial de una plantación de Teca.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Hacienda “Zoila Luz”, ubicada en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo, Parroquia Luz de América, km 24 de la vía Santo Domingo – Quevedo (Figura 1), sitio perteneciente al bioma bosque húmedo tropical, con altitud de 270 msnm, temperatura promedio de 24,85 °C, precipitación de 2 980 mm/año y humedad relativa de 87,86 %; el ensayo se llevó a cabo durante el periodo junio 2018 a junio 2019 (para abarcar la época seca y lluviosa de la zona) .

En el ensayo, se probaron tres abonos verdes; *A. pintoi*, *P. vulgaris* y *C. pubescens* y un testigo (arvenses), formando cuatro tratamientos, los cuales tuvieron cuatro repeticiones cada uno (16 Unidades Experimentales, de 225m<sup>2</sup> cada una), el área total utilizada fue de 3600 m<sup>2</sup>, siendo 144 las plantas de Teca evaluadas (36 planta/cada tratamiento), el arreglo del ensayo fue un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) debido considerando como factor del bloqueo el desnivel del terreno.

### Establecimiento del ensayo

Para establecer el ensayo, inicialmente se preparó el suelo (época lluviosa), el cual anteriormente perteneció a un potrero establecido con pasto Saboya (*Panicum maximum* Jacq. B.K.Simon & S.W.L. Jacobs ), mediante dos pases de rastra a una profundidad de 0,25 m, se aplicó herbicida para el control de arvenses 15 días después de preparado el terreno, con Indicate® (Ácido Fosfórico Alquilárico, coadyuvante y surfactante) y un litro de herbicida glifosato (Ranger 480®), se completó con agua hasta 200 litros/hectárea, finalmente se agitó hasta obtener una mezcla homogénea, luego se procedió a aplicar en el área destinada al experimento con ayuda de una motobomba.

Previo a la siembra, se aplicó 250 g de Vermicompost® (Humus de lombrices) en cada hoyo donde se plantaría la Teca por vez única, luego de ocho días, se procedió a plantar la Teca (altura inicial 25 cm), cuyas plantas fueron obtenidas del vivero institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE quienes utilizaron semillas provenientes de Costa Rica, dichas plantas fueron establecidas bajo una densidad de siembra de 3x3 m, con una densidad poblacional de 1 111 plantas por hectárea (plta/ha).

Inmediatamente establecido el cultivo de Teca, se sembraron los abonos verdes, siendo esta actividad diferente para cada especie:

- A. pintoi* o maní forrajero (Tratamiento–T1), se sembró por medio de material vegetativo - estolones, el cual se cortó del sitio “Hacienda Zoila Luz” donde se mantenía establecido, el mismo día a sembrarse, se sembraron en surcos sobre distancias de 20 cm entre fila y planta, colocando dos a tres estolones por sitio;
- P. phaseoloides* o pueraria (T2), se sembró por medio de semilla sexual obtenida en la “Hacienda Zoila Luz”, la misma que se escarificó para cortar el tiempo de germinado, sumergiendo las semillas en agua por 24 horas, se emplearon 225 g de semilla por repetición (equivalente a 10 kg/ha), la siembra se la realizó en surcos, con distanciamiento de 20 cm entre planta e hilera);
- C. pubescens* o centrosema (T3), se sembró mediante semilla, a una distancia de 60 cm de separación entre hileras y 40 cm entre plantas, equivalente a una tasa de siembra de 4 kg/ha, con semilla proveniente de agricultores independientes pertenecientes a la parroquia de Patricia Pilar, provincia de Los Ríos, Ecuador;



Figura 1. Mapa de ubicación del sitio experimental.  
Figure 1. Location map of the experimental site.

d. Testigo o arvenses (T4), se sembró la Teca y se dejó libremente el desarrollo de las arvenses.

Una vez establecido el ensayo, se realizaron controles de arvenses; en el tratamiento Testigo, el control se lo realizó con una chapia general utilizando moto guadaña, cada dos meses durante el periodo de un año [23]; en el caso de los tratamientos T1, T2, y T3 el control de arvenses se realizó cada quince días por 12 ocasiones, de forma manual para no interrumpir el desarrollo de los abonos verdes establecidos.

Las observaciones fueron cada ocho días, para evitar la afectación de algún tipo de plaga o enfermedad en el cultivo en todo el ensayo, sin embargo, no existió problema alguno a más de la presencia de hormigas lo cual fue controlado con el uso del insecticida Ataquil® el cual fue colocado en cada hormiguero.

Por otra parte, para evitar el cubrimiento de las plantas de Teca con los abonos verdes, se realizaron coronas alrededor de cada planta (30 cm de diámetro), cada dos meses.

**Variables evaluadas**

a. Contenido nutricional del suelo: Pre-ensayo, se realizó un análisis químico del suelo al inicio del ensayo un día antes de sembrar el cultivo, según el protocolo recomendado por Mendoza y Espinoza [23], a una profundidad de 30 cm, se tomaron 20 sub-muestras del área donde se aplicarían los tratamientos, estas sub-muestras se reunieron, mezclaron y homogenizaron, de este resultados se

tomó un kilogramo (kg) como muestra completa, la cual fue enviada al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP de la Estación Experimental Pichilingue, para su análisis correspondiente.

Post-ensayo, al final del ensayo, bajo una profundidad de 30 cm, se tomaron cuatro muestras de suelo de cada unidad experimental, se agruparon según el tratamiento correspondiente, se mezcló y homogenizó, finalmente se tomó un kg por tratamiento y se envió a un laboratorio particular “AGROLAB” en Santo Domingo, para su respectivo análisis químico de suelo. En los análisis se evaluó el pH, contenido de Materia Orgánica (MO), macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Azufre en ppm; y, Potasio, Calcio y Magnesio en meq/100 g), y micronutrientes (Cobre, Boro, Hierro y Zinc, y Manganeso en ppm); se realizó una comparación tomando en consideración el contenido nutricional del suelo y el tratamiento establecido, según el protocolo establecido por Clavijo [24] quien describe que macro y micro nutrientes deben evaluarse antes y después de llevar a cabo un ensayo en campo.

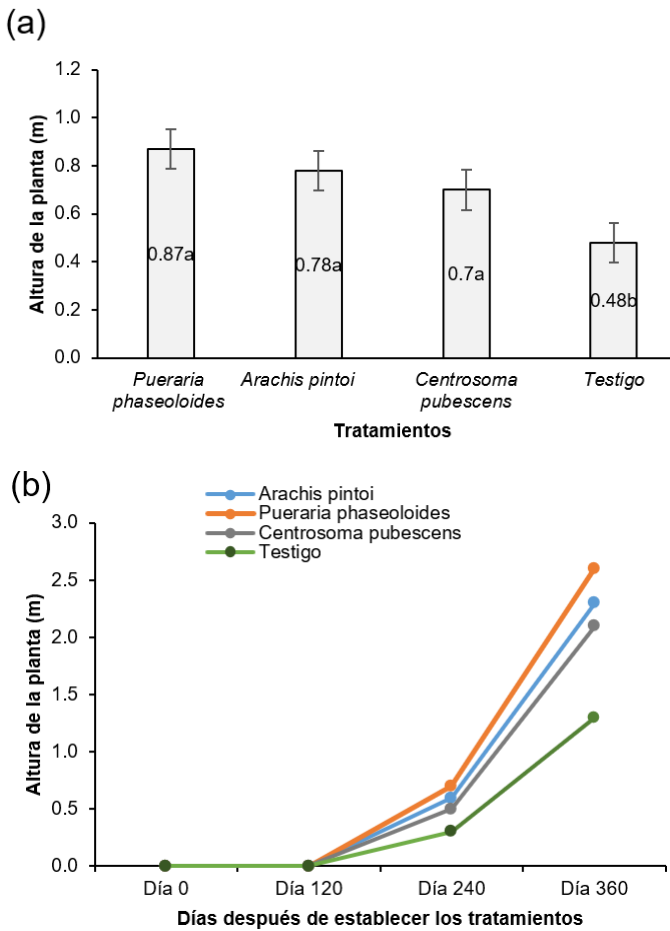
Las siguientes variables fueron evaluadas según el protocolo de Schargel y Hernando [25], se realizó una medición inicial (luego de realizar la plantación) y cada cuatro meses, siendo cuatro las mediciones totales.

b. Altura de las plantas de Teca: Se registró la medición de altura, utilizando una regla en metros (m), desde

**Cuadro 1.** Análisis nutricional del suelo pre y post ensayo del sitio experimental.

**Table 1.** Nutritional analysis of the soil before and after testing at the experimental site.

Análisis del suelo	Pre - ensayo	Post - ensayo				
		<i>A. pintoi</i>	<i>P. phaseoloides</i>	<i>C. pubescens</i>	Testigo (arvenses)	
pH	6,10	5,89	5,85	5,97	5,93	
MO (%)	4,30	5,38	5,41	5,40	5,57	
(ppm)	N	15,00	61,71	51,97	51,12	55,77
	P	4,00	4,20	4,84	10,14	4,11
	S	3,00	3,80	3,73	3,43	3,92
(meq/100g)	K	0,22	0,18	0,20	0,17	0,25
	Ca	4,00	2,75	3,00	2,75	3,25
	Mg	0,70	0,43	0,48	0,40	0,50
(ppm)	Cu	5,20	9,00	9,03	8,58	9,50
	B	0,78	0,34	0,69	0,80	0,29
	Fe	173,00	148,25	152,00	141,75	145,50
	Zn	2,60	2,43	2,50	3,75	3,73
	Mn	4,10	7,53	6,90	6,45	7,33



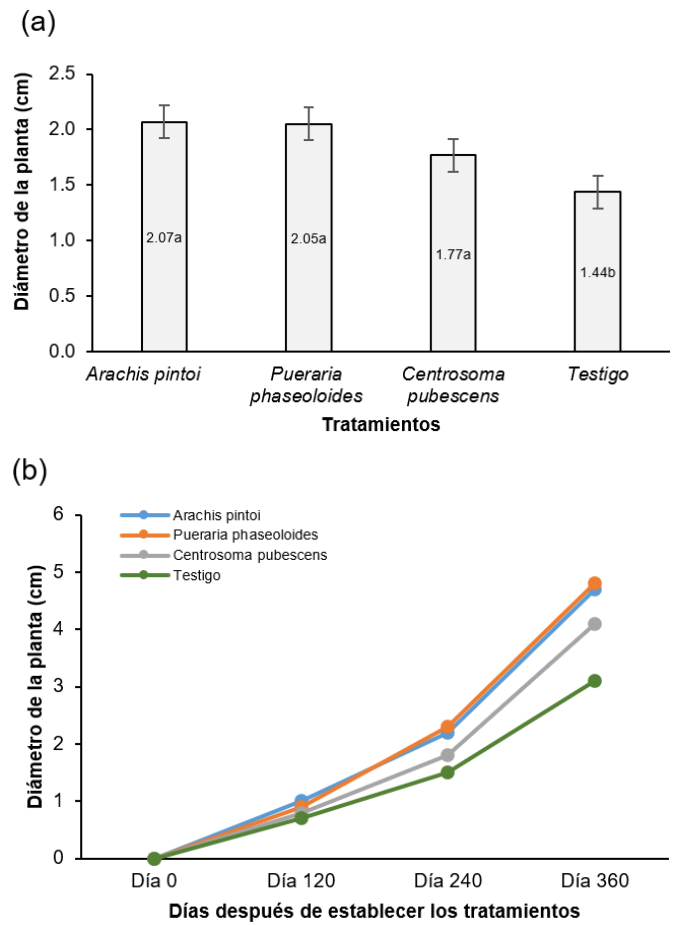
**Figura 2.** Prueba de Tukey sobre la variable altura de la planta considerando los tratamientos (a) y comportamiento de la altura de la planta según los ddt (b).

**Figure 2.** Tukey test results on plant height considering the treatments (a) and the behavior of the plant height according to the ddt (b).

el ras del suelo hasta el ápice de la planta.

- c. Diámetro de la planta de Teca: Se realizó con un pie de rey, a una altura de 5 cm desde el ras del suelo.
- d. Biomasa de abonos verdes y arvenses: La biomasa fresca producida por los tratamientos, se obtuvo mediante el uso de un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, lanzado de forma aleatoria, en cada una de las unidades experimentales, biomasa total (abonos verdes y arvenses) que se ubicó dentro del cuadrante fue cortado a ras del suelo, se eliminaron las basuras (palos, tierra, etc.) y se pesó (kg) clasificando el abono verde y arvenses [26], los resultados obtenidos se expresaron en toneladas por hectárea, para cada tratamiento.

Sobre los datos obtenidos del ensayo, se analizaron estadísticamente mediante el programa estadístico



**Figura 3.** Prueba de Tukey sobre la variable diámetro de la planta considerando los tratamientos (a) y comportamiento del diámetro de la planta según los ddt (b).

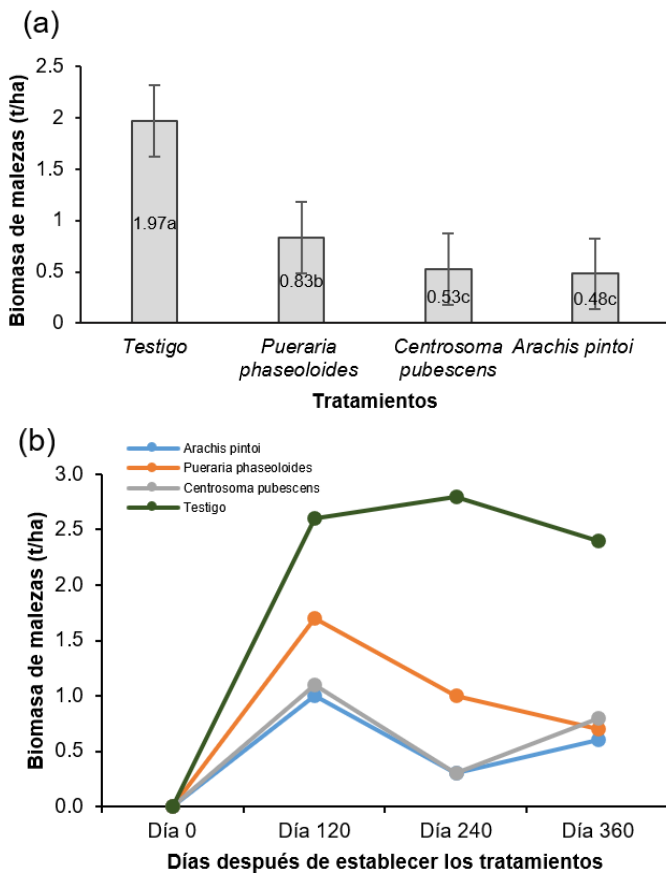
**Figure 3.** Tukey test results on plant diameter considering the treatments (a) and behavior of the plant diameter according to the ddt (b).

TinR, se realizaron análisis de varianza y se utilizó la prueba de separación de medias de Tukey al 5 %.

## Resultados

En cuanto al contenido nutricional del suelo, al comparar los análisis realizados pre y post ensayo, no se encontró diferencia significativa, tanto al utilizar los abonos verdes, como al conservar arvenses (Testigo), como se muestra en el cuadro 1.

La altura de las plantas de Teca se identificó que existe diferencia significativa en los tratamientos aplicados (P-valor = 1,90e<sup>-07</sup>), como se muestra en la Figura 2a, al comparar los tratamientos y el testigo, sin embargo, no existe diferencia entre el tipo de abono verde, es decir, cualquiera de las opciones propuestas es favorable, en



**Figura 4.** Prueba de Tukey sobre la variable Biomasa considerando los tratamientos (a) y comportamiento del diámetro de la planta según los ddt (b).

**Figure 4.** Tukey test results on biomass considering the treatments (a) and behavior of the plant diameter according to the ddt (b).

comparación a una plantación con arvenses. Por otra parte, se encontró diferencia significativa ( $P$ -valor =  $< 2e-16$ ), al tomar en cuenta la altura de la planta, con relación a los Días Después del Tratamiento – ddt (Figura 2b), se observó que hasta el día 120 ddt, todas las plantas tuvieron un crecimiento homogéneo, mientras que a partir del día 140, se mostraron variaciones, en donde el abono verde de *P. phaseoloides*, permitió alcanzar mayor altura de la planta hasta el último día evaluado, de manera contraria, el tratamiento testigo (arvenses), presentó la altura de planta más reducida del ensayo.

En cuanto al diámetro de las plantas de Teca, al comparar los tratamientos se identificó una diferencia significativa en dicha comparación ( $P$ -valor =  $1.92e-07$ ), sobre los tratamientos con abonos verdes (*A. pintoi* = 2,07cm, *P. phaseoloides* = 2,05cm, *C. pubescens* = 1,77cm), lograron diferenciarse del testigo (Testigo = 1,44cm), como se puede observar en la Figura 3a. Al considerar el diámetro de la planta según transcurren los ddt, se confirmó diferencia significativa ( $P$ -valor =  $< 2e-16$ ), debido a que, desde el día 120 (primera evaluación), existió variación en los diámetros, siendo

evidente la dispersión en el día 360, en donde *P. phaseoloides* y *A. pintoi* expresaron los más altos resultados, como se observa en la Figura 3b.

Al evaluar la Biomasa producida por los abonos verdes, no existió diferencia significativa. Sin embargo, al analizar la Biomasa producida por las arvenses presentes en los tratamientos, existe diferencia significativa al comparar tanto los tratamientos ( $P$ -valor =  $< 2e-16$ ), como los ddt ( $P$ -valor =  $< 2e-16$ ). Al considerar los tratamientos establecidos, se pudo conocer que estos abonos minimizan de mayor forma la presencia de arvenses en el suelo, son *C. pubescens* (0,48 t/ha) y *A. pintoi* (0,53 t/ha), cabe recalcar, que todos los abonos establecidos (Figura 4a), logran mitigar la presencia de arvenses (Testigo = 1,97 t/ha), así mismo, al tomar en cuenta los ddt, se confirma que en todos los casos, el uso de abonos verdes influyen sobre la presencia de arvenses, como lo expone la Figura 4b, en donde se aprecia que en los inicios de la plantación de los abonos verdes (120 días), existe mayor presencia de arvenses, lo cual tiende a reducirse según como pasa el tiempo, generándose una homogeneidad en el día 360 en todos los tratamientos donde se utiliza un abono verde.

## Discusión

En cuanto al contenido nutricional del suelo, luego de realizar una comparación de análisis antes y después de un año (360 días) de establecer el ensayo, se logró identificar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, en todas las variables evaluadas (pH, MO, N, P, S, K, Ca, Mg, Cu, B, Fe, Zn y Mn). Los resultados alcanzados en el presente estudio fueron similares a los obtenidos por García-Romero et al. [27] quienes, al evaluar el uso de los tres abonos verdes asociados al cultivo de Caucho (*Ficus elastica* Roxb. ex Hornem), concluyeron que el período de tiempo para realizar un análisis que confirme un efecto nutricional en el suelo por parte con abonos verdes debe ser mayor a un año, pues en su investigación al evaluar el contenido nutricional del suelo a los 10 meses, no se encontró ninguna diferencia significativa tanto en los tratamientos como en el testigo. Como se ha expuesto anteriormente, el tiempo es un factor limitante a la hora de evaluar el contenido nutricional del suelo luego de aplicar un abono verde, confirmando que un año no es un tiempo prudente para dicha evaluación, lo que es confirmado por Dinesh [28] quien menciona, que los abonos verdes con fertilización convencional o no, tienden a demostrar resultados con variaciones en años posteriores, estableciendo que la materia orgánica puede incrementarse 2 o 3 niveles luego de 10 años de la existencia de una asociación con dichos

abonos. Lo que es corroborado por Fuentes-Molina et al [29] quienes afirman que el pH y la materia orgánica con el uso de coberturas vegetales leguminosas tienden a variar luego de 5 años de su implementación, mientras que la fijación de nitrógeno proporciona significancia desde al menos 5 a 7 años luego de la siembra, confirmando que no es posible variación en la concentración de nitrógeno a corto plazo, dentro de los tratamientos en donde utilizaron plantas leguminosas, como se distingue en los resultados obtenidos. Por lo que se afirma, que los abonos verdes no otorgan cambios en el contenido nutricional del suelo de forma rápida, por ello, dichos abonos, no solo deben ser enfocados en busca de mejorar la fertilidad del suelo, sino de un manejo destinado principalmente a minimizar la degradación, toxicidad y erosión del suelo [30].

Al considerar la altura de las plantas de Teca bajo la influencia de diversos abonos verdes se determinó que los abonos verdes permiten incrementar la altura de la planta, sin importar el tipo de este, que se utilice (*A. pintoi*, *P. phaseoloides*, o *C. pubescens*), en comparación a una plantación con libre desarrollo de arvenses. Esto como consecuencia de que los abonos verdes, tienen la capacidad de generar un efecto de labranza biológica en el suelo, pues trabajan en la disgregación y evitan la compactación del suelo, permitiendo una correcta aireación en su entorno, otorgando a las raíces de los cultivos penetrar sobre las capas del suelo y fomentar el libre desarrollo de las raíces [31], pues la densidad y longitud de las raíces de las coberturas vegetales, así como su distribución en el suelo, influyen de forma directa sobre la absorción de nutrientes y agua [32], a más de mejorar la capacidad de infiltración de agua en el suelo, la misma que debe ser considerada de forma imprescindible al momento de plantear manejos agronómicos en el suelo, pues este es un mecanismo que permite identificar el balance hídrico del suelo [33]. Según Pedrero-Huerta [34] la temperatura del suelo, el balance hídrico, el desarrollo de las raíces y la calidad del suelo, tienen relación directa con el desarrollo y crecimiento de las especies plantadas, por lo que se confirma, que los abonos verdes tienen una influencia positiva sobre el crecimiento de las plantas de Teca. Por otra parte, cabe considerar que el efecto de los abonos verdes, no generan resultados de forma inmediata, ya que es indispensable que estas, logren acaparar mayores densidades en el suelo para mostrar resultados favorables, pues según García-Romero et al. [27], a los 240 días, los abonos verdes en su gran mayoría generan competencia contra las arvenses y a la vez, permiten un mejor desarrollo de las plantas con las que se encuentran asociadas, lo que corrobora los resultados obtenidos en la presente investigación donde existió una leve variación sobre la altura de la planta, a partir de los 240 días luego de instalados los abonos.

En cuanto al diámetro de las plantas de Teca, se logró identificar diferencias al comparar el uso de abonos verdes y el libre desarrollo de arvenses, en donde las plantas de Teca con abonos alcanzaron mejores diámetros, resultados que lograron ser visibles a partir del día 120 de plantación. Lo que fue bastante similar al crecimiento en cuanto a la longitud de la planta, pues existe una relación directa entre el diámetro y la altura de las plantas forestales [35], por ello, dichas variables tienden a ser indispensables en el momento de tomar decisiones sobre el manejo de las plantaciones, pues estas tienden al permitir la estimación del rendimiento de la madera y también permite evaluar la calidad del sitio en donde se encuentra plantada [36].

Dicho antecedente confirma, que las plantaciones de Teca asociadas con abonos verdes recibieron estimulación positiva, sobre el desarrollo tanto de altura, como de diámetro de la planta, aun cuando existió la presencia de arvenses que se mantenían adaptadas a dicho hábitats, pues en estos casos existe competitividad de nutrientes, dominio y luz [37]; criterio confirmado por Harre y Young [38] quienes consideran que la adición de nutrientes a través de la fertilización fortalece la competencia entre las arvenses y los cultivos, es decir, en caso de no existir arvenses preexistentes en los lugares de plantación, mayor sería el aprovechamiento de los nutrientes por parte del cultivo.

Al evaluar la Biomasa generada por las arvenses, se conoció que el establecimiento de abonos verdes minimiza la presencia de estas en la plantación, convirtiéndose en una alternativa beneficiosa para el control de arvenses de forma favorable y amigable con el ambiente. Lo que es confirmado por Blackie et al. [31] quienes argumentan, que un abono verde permanente, tan solo al ocupar un 30 % del suelo proporciona residuos orgánicos, a la vez que otorga una capa protectora de vegetación en la superficie del suelo, suprimiendo la presencia de arvenses, evitando la erosión del suelo y colaborando de forma positiva sobre el cuidado del microambiente. Lo que concuerda con Fuentes-Molina et al. [29] quienes mencionan que los abonos verdes lograron competir de manera efectiva con las arvenses presentes en las plantaciones de *Elaeis guineensis* Jacq., en su estudio los mayores porcentajes de abonos se evidenciaron a los 135 días de establecidas, en donde *P. phaseoloides* presentó la dominancia sobre las demás especies evaluadas. En el presente estudio realizado la *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *A. pintoi* demostraron un control efectivo sobre las arvenses desde el día 120, haciéndose más notorio en el día 360, como consecuencia del manejo temprano realizado de arvenses, pues con el pasar del tiempo los abonos tienden a ocupar mayores espacios, reduciendo la capacidad de emergencia de las arvenses, por medio de una competencia interespecífica [39], por lo que se

ratifica que los abonos verdes son favorables ante el control de arvenses, al reducir de forma proporcional la población de las mismas, pues se conoce que la reducción en la cantidad de especies de arvenses al utilizar un abono verde, indica su efectividad, lo que ayuda a reducir costos, disminuir la necesidad de agroquímicos de control, resultando ser una opción netamente amigable con el ambiente [40].

## Conclusiones

En la investigación realizada el contenido nutricional del suelo no presentó diferencias significativas al comparar las dos fechas evaluadas, al tomar en cuenta los tratamientos establecidos (abonos verdes y arvenses).

La presencia de abonos verdes en la plantación de Teca logró influir de forma positiva sobre la variable altura de las plantas, confirmándose que el uso de cualquiera de los abonos; *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *A. pintoi* otorgan beneficios en la plantación.

Se confirmó que la presencia de abonos verdes aporta positivamente en el diámetro de la planta, a la vez, se demostró que existe una relación directa entre la altura de la planta y el diámetro de la misma, lo que fue evidente a partir del día 120 de evaluación.

Al evaluar los abonos verdes (Biomasa) estas tienen una alta capacidad de controlar la incidencia de arvenses, estableciéndose como las mejores *C. pubescens* y *A. pintoi* (120 días), mientras que a los 360 días todos los abonos otorgaron el mismo efecto positivo.

## Recomendaciones

Los abonos verdes, no solo deben ser enfocados en busca de mejorar la fertilidad del suelo, sino de un manejo destinado a minimizar la degradación, toxicidad y erosión del suelo. Se recomienda replicar la investigación bajo un periodo superior a un año de evaluación, con un mínimo de tres años.

## Referencias

[1] Fundación para la Alimentación y Agricultura - FAO, "El estado de los bosques del mundo. Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible", 2018. [Online], Disponible: <http://www.fao.org/3/I9535ES/i9535es.pdf>. Consultado el 17-10-2024.

[2] I. Mc Nicol, C. Ryan, y E. Mitchard, "Carbon losses from deforestation and widespread degradation offset by extensive growth in African woodlands", *Nature communications*, vol. 9, no. 1, pp. 3045-3056, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05386-z>

[3] P. Curtis, C. Slay, N. Harris, A. Tyukavina, y M. Hansen, "Classifying drivers of global forest loss", *Science*, vol.

361, no. 1, pp. 1108-1111, 2018.

[4] Corporación Financiera Nacional – CFN, "Ficha Sectorial, Silvicultura y Extracción de madera", 2021. [Online], Disponible: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Silvicultura-y-extraccion-de-madera.pdf>. Consultado el 17-10-2024.

[5] B. Holguín-Burgos, y D. Delgado-Delgado, "Estudio económico del comportamiento de la madera en el Ecuador en los últimos años. 2009-2017", *Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social - OIDLES*, vol.1, pp. 1-14, 2018.

[6] Z. Aguirre, A. Loja, M. Solano, y N. Aguirre, "Especies Forestales más aprovechadas del Sur del Ecuador". Tesis, Universidad Nacional de Loja, Loja, 2015.

[7] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, "Etiología de la 'muerte regresiva' en teca en Ecuador y rol de insectos en su dispersión", 2017. [Online], Disponible: [bit.ly/3YRjVnP](http://bit.ly/3YRjVnP). Consultado el 23-10-2024.

[8] T. Aguirre, y J. Piloza, "Análisis de la comercialización internacional de teca producida en Ecuador, con propuesta de creación de una asociación de productores", Tesis, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2017.

[9] Asociación Ecuatoriana de Productores de Teca y Maderas Tropicales – ASOTECA, "Teca *Tectona grandis* en Ecuador", 2020. [Online], Disponible: <https://iila.org/wp-content/uploads/2021/04/Teca-Ecuador-Asoteca.pdf>. Consultado el 17-10-2024.

[10] D. Pazmiño, "Análisis del desarrollo de la exportación de madera TECA, caso de estudio empresa privada La Madera", Tesis, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2019.

[11] Y. Murillo, M. Domínguez, P. Martínez, L. Lagunes, y A. Aldrete, "Índice de sitio en plantaciones de *Cedrela odorata* en el trópico húmedo de México", *Facultad de Ciencias Agrarias*, vol. 49, no. 1, pp. 15-31, 2017.

[12] J. García, "Determinación del crecimiento de una plantación *Tectona grandis* L.f., en la parroquia Sucre cantón 24 de Mayo, provincia Manabí", Tesis, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Manabí, 2019.

[13] D. Fontes, C. Mazonza, Y. Acosta, J. Pardo, J. Martínez, J. Hernández, A. González, P. Fernández, y C. Lavigne, "Comportamiento productivo de coberturas vivas de leguminosas herbáceas en una plantación de guayaba (*Psidium guajava* L.) Var., enana roja cubana eea-1840", *Universidad & Ciencia*, vol. 7, no. 1, pp. 297-308, 2018.

[14] O. López, T. Sánchez, J. Iglesias, L. Lamela, M. Soca, J. Arece, y M. Milera, "Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical", *Pastos y Forrajes*, vol. 40, no. 2, pp. 83- 95, 2017.

[15] J. Cerrón, J. Del Castillo, V. Bonnesoeur, M. Peralvo, y L. Mathez-Stiefel, "Relación entre árboles, cobertura y uso de la tierra y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales: Una síntesis del conocimiento", *Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF)*. Lima – Perú, 2019. <http://dx.doi.org/10.5716/OP19056>



- [16] A. Hurtado, J. Muñoz, M. Echeverry-Galvis, y N. Norden, “Bosques sucesionales en Colombia”, *Caldasia*, vol. 44, no. 2, pp. 332-344, 2022.
- [17] Y. Hu, Y. Dong, y C. Batunacun, “An automatic approach for land-change detection and land updates based on integrated NDVI timing analysis and the CVAPS method with GEE support. ISPRS”, *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 146, no. 1, pp. 347–359, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.10.008>
- [18] C. Batunacun, H. Nendel, H. Yunfeng, y T. Lakes, “Land-use change and land degradation on the Mongolian Plateau from 1975 to 2015 a case study from Xilingol, China”, *Land Degradation and Development*, vol. 29, no. 1, pp. 1595-1606, 2018.
- [19] Forest Stewardship Council, DEU – FSC. “Lista de pesticidas altamente peligrosos del FSC”. FSC-STD-30-001a ES”, Bonn, DEU, FSC International Center, 2015.
- [20] M. Guevara, M. Arguedas, D. Arias, E. Briceño, y E. Esquivel, “Utilización de cultivos de cobertura como alternativa para el control de malezas, aumento de la fertilidad y maximización del crecimiento en plantaciones forestales comerciales recién establecidas”. Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2018.
- [21] K. Jabran, G. Mahajan, V. Sardana, y B. Chauhan, “Allelopathy for weed control in agricultural systems”, *Crop Protection*, vol. 72, no. 1, pp. 57-65, 2015.
- [22] E. Foresto, M. Amuchastegui, C. Nuñez, y L. Ibarra, “El banco de semillas del suelo. Una metodología experimental sencilla, reproducible y de bajo costo para aprender sobre la biología de las malezas; Universidad de Cadiz”. *Revista Eureka*, vol. 19, no. 1, pp. 1-18, 2022.
- [23] R. Mendoza, y A. Espinoza, “Guía técnica para muestreo de suelos”, 2017. [Online], Disponible: <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>. Consultado el 17-10-2024.
- [24] N. Clavijo, “Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la estancia, Madrid, Cundinamarca”. Tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Cundinamarca, 2012.
- [25] I. Schargel, y H. Hernando, “Evaluación de un sistema agroforestal de Teca (*Tectona grandis*) y yuca (*Manihot esculenta*)”. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, vol. 24, no. 1, pp. 40-44, 2007.
- [26] S. Salazar, “Disponibilidad de biomasa y valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el distrito de Quesada, cantón de San Carlos”. Tesis, Universidad de Costa Rica, San Carlos, 2007.
- [27] I. García-Romero, P. Garzón, M. Méndez-Tibambre, C. González-Peranquive, C. Cardozo-García, A. Peraza-Arias, y F. Aristizábal-Gutiérrez, “Evaluación agronómica de caucho natural asociado con tres coberturas vegetales en la altillanura”, *Colombia Forestal*, vol. 23, no. 1, pp. 94-108, 2020. [28] R. Dinesh, “Long-term effects of leguminous cover crops on microbial indices and their relationships in soils of a coconut plantation of a humid tropical region”, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 167, no. 3, pp. 189-195, 2004.
- [29] N. Fuentes-Molina, D. Varela-Martínez, y D. García-Solano, “Cultivos de cobertura como alternativa sostenible: análisis de Pueraria phaseoloides en suelos tropicales”, *Información tecnológica*, vol. 34, no. 1, pp. 47-58, 2023.
- [30] J. Huerta-Olague, J. Oropeza-Mota, R. Guevara-Gutiérrez, J. Ríos-Berber, M. Martínez-Menes, O. Barreto-García, J. Olguín-López, y O. Mancilla-Villa, “Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo”, *Idesia (Arica)*, vol. 36, no. 2, pp. 153-162, 2018.
- [31] M. Blackie, T. Reeves, G. Thomas, y G. Ramsay, “Save and Grow in practice: A guide to sustainable cereal production. Maize, rice, wheat; a guide to sustainable production”, Rome, ISBN: 978–992, 2016.
- [32] R. Cabeza, y N. Claassen, “Sistemas radicales de cultivos: extensión, distribución y crecimiento”, *Agro Sur*, vol. 45, no. 1, pp. 31–45, 2017. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n2-04>
- [33] J. Villazón-Gómez, P. Noris-Noris, y R. Vázquez-Montenegro, “Balance hídrico del suelo como herramienta para la planificación de labores en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín”, *Idesia (Arica)*, vol. 39, no. 4, pp. 97-101, 2021. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400097>
- [34] G. Pedrero-Huerta, “Desarrollo de plantas comestibles por efecto de su rizósfera como abono microbiológico para zonas de tierra poco fértil”, *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 1, pp. 7226-7234, 2023. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4955](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4955)
- [35] Y. Pérez-Bravo, R. Reyes-Quintana, y C. Ríos-Albuerno, “Variables dasométricas relacionadas con la productividad de *Acacia mangium Willd*”, *Centro Agrícola*, vol. 44, no. 2, pp.14-21, 2017.
- [36] E. Castillo-Gallegos, J. Jarillo-Rodríguez, y R. Escobar-Hernández, “Relación altura-diámetro en tres especies cultivadas en una plantación forestal comercial en el Este tropical de México”, *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, vol. 24, no. 1, pp. 33-48, 2018.
- [37] N. Little, A. DiTommaso, S. Westbrook, Q. Ketterings, y C. Mohler, “Efectos de las enmiendas de fertilidad en el crecimiento de las malezas y la competencia entre malezas y cultivos: una revisión”, *Weed Science*, vol. 69, no. 2, pp. 132–146, 2021.
- [38] N. Harre, y B. Young, “Early-season nutrient competition between weeds and soybean”, *Journal of Plant Nutrition*, vol. 43, no. 12, pp. 1887-1906, 2020.
- [39] O. Osipitan, J. Dille, Y. Assefa, y S. Knezevic, “Cover crop for early season weed suppression in crops: Systematic review and meta-analysis”, *Agronomy Journal*, vol. 110, no. 6, pp. 2211-2221, 2018.
- [40] A. Jacobs, R. Stout, J. Allsion, E. Garmer, W. Klingeryd, y R. Mc Culley, “Cover crops and no-tillage reduce crop production costs and soil loss, compensating for lack of short-term soil quality improvement in a maize and soybean production”, *Soil and Tillage Research*, vol. 2, no. 1, pp. 18-27, 2022.