

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROL DE  
ARVENSES EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO, EN  
PLANTACIONES DE TECA, *Tectona grandis* (L.f.)**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON EL  
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**PAOLA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

**CARTAGO, COSTA RICA**

**DICIEMBRE, 2017**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROL DE  
ARVENSES EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO, EN  
PLANTACIONES DE TECA, *Tectona grandis* (L.f.)**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON EL  
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**PAOLA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

**CARTAGO, COSTA RICA**

**DICIEMBRE, 2017**



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

# **EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROL DE ARVENSES EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO, EN PLANTACIONES DE TECA, *Tectona grandis* (L.f.)**

Paola Hernández Rodríguez\*

## **RESUMEN**

El control de arvenses es una práctica fundamental en la silvicultura de plantaciones, el nulo o inadecuado manejo de las mismas puede llevar a grandes pérdidas económicas; sin embargo, existen métodos que además de controlar, podrían generar otros beneficios al cultivo. Con el objetivo de comparar diferentes métodos de control de arvenses se estableció un ensayo en un diseño de bloques completos al azar compuesto por 7 tratamientos: Testigo, Control químico, Control Manual, Coberturas: *Canavalia ensiformis*, *Vigna radiata*, Mezcla de *Pueraria phaseoloides* con *V. radiata* y *Crotalaria juncea*. Se realizaron mediciones periódicas donde se evaluó a nivel de suelo el contenido de: materia orgánica, carbono y nutrientes, así como la concentración nutricional foliar. No se obtuvieron diferencias significativas en las medias de C y MO. Los niveles nutricionales a nivel de suelo y foliares fueron constantes a los 6 y 12 meses. Se encontraron diferencias significativas en la concentración nutricional en suelos de los elementos Cu, Fe y Mn, así como para el K y P en los análisis foliares.

**Palabras claves:** leguminosas; fertilización; concentración nutricional; nitrógeno foliar, malezas.

## ABSTRACT

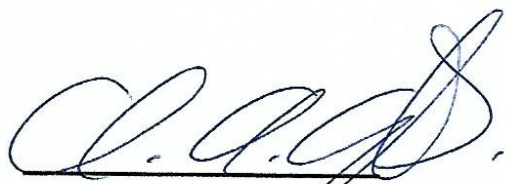
Controlling arable is a fundamental practice in plantation forestry, the null or inadequate management of the plantations can lead to large economic losses; however, there are methods that in addition to controlling, could generate other benefits to the crop. A trial was carried out in a randomized complete block design consisting of 7 treatments: Control, Chemical Control, Manual Control, *Canavalia ensiformis* cover crop, *Vigna radiata* cover crop, Mix of *Pueraria phaseoloides* with *V. radiata*, *Crotalaria juncea* cover crop; with the aim of comparing the changes in the time of organic matter, carbon in the soil and nutrients, edaphic and foliar level. There were no significant differences in the means of C and MO. There were no significant differences in the means of C and MO. The nutritional levels at the soil and foliar levels were constant at 6 and 12 months. Significant differences were found in the nutritional concentration in soil of the elements Cu, Fe and Mn, as well as for K and P in the foliar analyzes.

**Key words:** legumes; fertilization; nutritional concentration, foliar nitrogen, weeds.

\*Hernández, Rodríguez, P. 2017. Efecto de diferentes métodos de control de arvenses en las propiedades del suelo, en plantaciones de teca, *Tectona grandis* (L.f.). Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

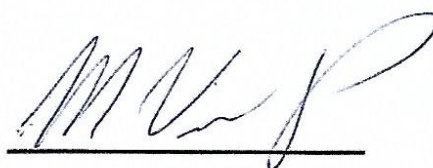
# CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por Ing. Edwin Esquivel Segura Ph D, Ing. Mario Guevara Bonilla M Sc, Ing. Marcela Villegas Portuguez Lic., como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



---

Edwin Esquivel Segura  
Director de Tesis



---

Marcela Villegas Portuguez  
Gerente de Mantenimiento  
American Reforestation Company



---

Mario Guevara Bonilla  
Profesor lector



---

Dorian Carvajal Vanegas  
Coordinador de Trabajos  
Finales de Graduación



---

Paola Hernández Rodríguez  
Estudiante

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres Santiago Hernández Jiménez y Rocío Rodríguez Romero, a mi hermana Viviana Hernández y a mi abuelita Bertilia Romero Torres.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la gracia de cumplir un sueño, a mis padres y a mi hermana Viviana que me han apoyado incondicionalmente durante todo este proceso, a mis profesores Edwin Esquivel y Mario Guevara por creer en mí y hacerme parte de este proyecto, y por supuesto por toda la asesoría técnica brindada para el desarrollo de este trabajo final de graduación; a los profesores y profesoras que fueron parte de mi formación como profesional, a la Escuela de Ingeniería Forestal, por haberme permitido ser parte de ella durante estos años de carrera; a Madeleine Barrantes, Jorge Rosales, Bryan Villalta, Roberto Castro, Fernanda Pereira, por no solo ser mis compañeros, sino mis amigos.

Finalmente extendiendo un agradecimiento a la empresa *American Reforestation Company* (ARC), en especial a Marcela Villegas por permitir la realización de este proyecto y la atención durante el desarrollo del mismo.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
MATERIALES Y MÉTODOS .....	3
Área de estudio .....	3
Diseño experimental .....	3
Toma de muestras de suelo .....	4
Procesamiento de muestras de suelo .....	5
Preparación de muestras de suelo para envío al laboratorio .....	5
Humedad gravimétrica .....	5
Densidad aparente .....	6
Determinación de textura .....	6
Cálculo de tamaño de partículas .....	6
Determinación de materia orgánica .....	7
Determinación del contenido de Carbono .....	8
Muestras foliares .....	8
Procesamiento y análisis de datos .....	8
RESULTADOS .....	9
Materia orgánica y Carbono .....	9

<b>Análisis químico a nivel edáfico.....</b>	<b>10</b>
<b>Análisis químico a nivel foliar .....</b>	<b>10</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>18</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Valores promedio de Materia orgánica (MO) y Carbono (C), en 7 tratamientos a 2 profundidades, plantación de teca, Piedras Blancas, Osa. ....	9
<b>Cuadro 2.</b> Valores p de análisis longitudinal para conocer el efecto de los tratamientos en las variables Materia orgánica (MO) y Carbono (C), en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa. ....	10
<b>Cuadro 3.</b> Promedio de concentración de nutrientes en suelo a 2 profundidades, a los 6 y 12 meses de edad, en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa. ....	11

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.**Distribución de tratamientos en los bloques, Finca Salamá, Piedras Blancas, Osa, Puntarenas, Costa Rica. ....4

**Figura 2.** Promedio de Concentración foliar (%) de Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fósforo (P) para los 6 y 12 meses de edad en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa..... 12

## INTRODUCCIÓN

El adecuado manejo de las plantaciones forestales da la garantía de cosechar madera de calidad; las prácticas silviculturales que se implementen van en función del objetivo al cuál va dirigido la madera, sin embargo, el factor común que no se sale de ningún esquema de manejo, es el control de arvenses, sobre todo en los tres primeros años de establecida la plantación. Debido a que la altura del cultivo es baja durante este periodo, el suelo está altamente expuesto a la llegada de plantas invasoras que interfieren dentro del desarrollo de los árboles, pues éstas les generan competencia por agua, luz, nutrientes y espacio (Garro Alfaro, 2002).

Las plantas arvenses han desarrollado características morfológicas y fisiológicas que les permiten competir con ventaja sobre el cultivo, entre ellas están; su fácil germinación, gran desarrollo de superficie fotosintética en su estado de plántula por su alto número de estomas foliares, sistema radicular compuesto por alta densidad de raíces superficiales absorbentes y principales que penetran fácilmente el suelo, además de rizomas y tallos quebradizos que facilitan su diseminación en el sustrato (Garro Alfaro, 2002). Varios estudios han demostrado que las arvenses acumulan mayores cantidades de nutrientes que los cultivos, reduciendo el rendimiento de los mismos (Fernández & Leguizamón, 2015); por lo tanto la interacción árbol-planta arvense dentro del sustrato juegan un papel muy importante, pues es aquí donde se concentran los nutrientes que ellas absorben.

Las características edáficas y los recursos se ven muy afectadas por el impacto que ejerce las prácticas forestales, entre ellas el control de plantas arvenses que pueden afectar la estructura, compactación, aireación y penetrabilidad del suelo, reducción en el crecimiento de los árboles, disponibilidad de nutrientes y agua entre otros (Alvarado & Raigosa, 2012).

La gestión de plantas arvenses es un elemento clave en cualquier sistema de producción de cultivo (Buhler, Netzer, Riemenschneider, & Hartzler, 1998) por lo

tanto, no realizar un control a tiempo podría implicar una baja en la producción de la plantación, árboles de mala calidad, aumento del tiempo de crecimiento de los individuos, disminución de la rentabilidad del negocio, aumento en los porcentajes de mortalidad de la plantación e inclusive, si el grado de invasión es muy alto, podría haber pérdida total del material vegetativo. Además la presencia de estas plantas podrían incrementar el riesgo de incendios, ejercer presión de naturaleza aleopática y actuar como hospederos de plagas y enfermedades (Fernández & Leguizamón, 2015; Kogan & Figueroa, 1999). El manejo de las plantas invasoras representa una oportunidad de reducción de costos de establecimiento (Ángeles, Velázquez, Vargas, Ramírez, & Musalem, 1997) además se ha demostrado que si no hay un adecuado control de malezas el rendimiento disminuye en un 30% o más, por lo que su control está debidamente justificado (Medrano et al., 1999).

El estudio de las propiedades del suelo bajo un esquema de prácticas de manejo ayudará a la comprensión de lo que sucede en el sustrato mientras se implementan diversas prácticas y la importancia de éstas, por ejemplo, la composición de materia orgánica que tiene un suelo y su relevancia sobre éste; se dice que la materia orgánica contiene cerca de un 5% de Nitrógeno y otros nutrientes esenciales para la planta como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Julca-Otiniano, Meneses-Florin, Blas-Sevillano, & Bello-Amez, 2006); otros estudios han demostrado que el uso prácticas de manejo no convencionales como el uso de cultivos de coberturas podrían alterar el almacenamiento de Carbono en el suelo (Potter et al., 1998), además de mejorar la infiltración del agua, la retención de agua en el mismo y reducir la erosión (Prior, Runion, Torbert, Rogers, & Reeves, 2003).

Debido a la importancia del manejo temprano de arvenses, los beneficios de éstos y las limitaciones que actualmente el estado impone en cuánto a uso de herbicidas y agroquímicos, en temas de certificación y manejo sostenible; el presente estudio pretende evaluar distintos métodos control, con el objetivo de determinar cuál es el más adecuado; basados en análisis de suelos y foliares de la teca y realizar las recomendaciones pertinentes basados en los resultados de los tratamientos aplicados.

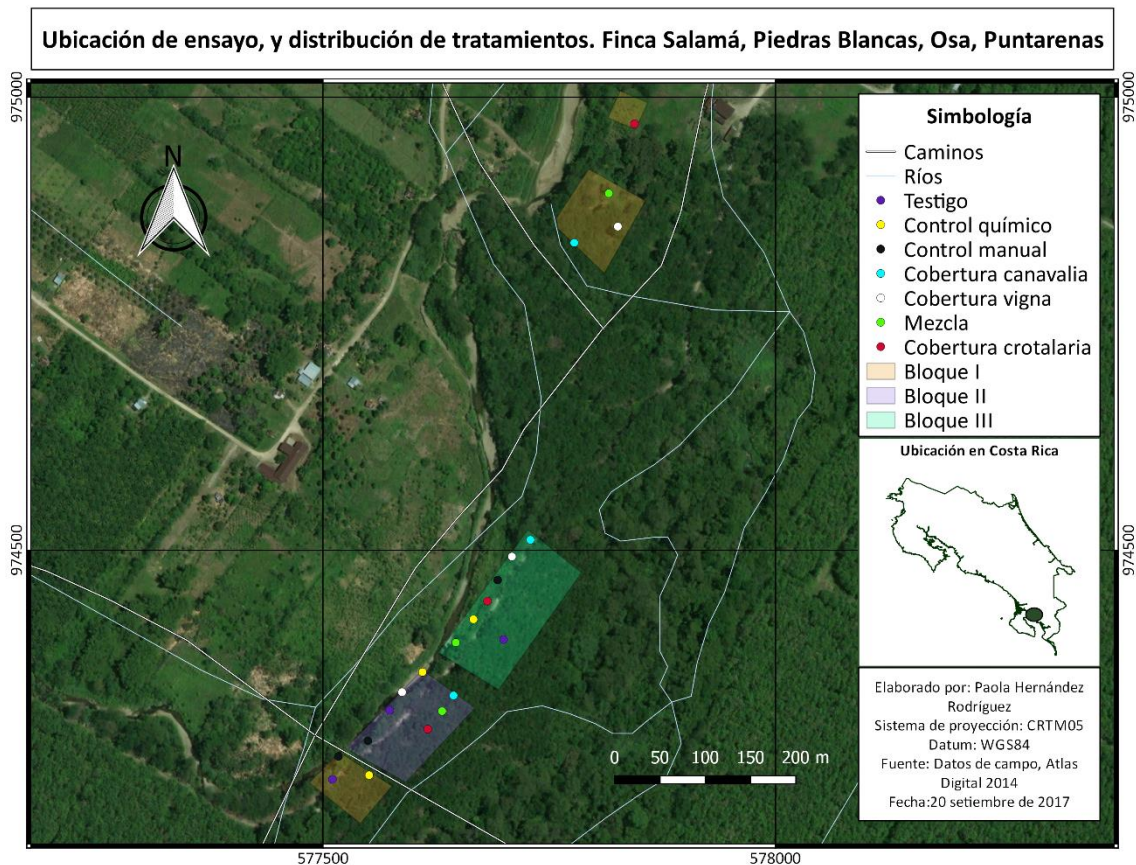
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El proyecto se ubica en Finca Salamá, distrito de Piedras Blancas, cantón de Osa, provincia de Puntarenas, Costa Rica (8° 48' 41,54" Lat. Norte y 83° 17' 37,39" Long. Oeste); a una altitud de 20 m. La zona de vida basado en la pirámide de Holdrige es Bosque muy Húmedo Tropical (Atlas Digital 2014), cuenta con una precipitación media de 4450 mm, temperatura media de 26,8 °C. El suelo del sitio pertenece al orden Inceptisol (Atlas Digital, 2014), con una densidad aparente de 0,75 g/cm<sup>3</sup> y basados en sus porcentajes de arcilla, limo y arena los suelos se clasifican en franco arenosa y arenoso franco.

### Diseño experimental

El diseño experimental utilizado es de bloques completos al azar, compuesto por tres bloques con siete tratamientos cada uno. Los tratamientos aplicados son T1: Testigo; T2: Control químico; T3: Control manual; T4: *Canavalia ensiformis*; T5: *Vigna radiata*; T6: Mezcla *Pueraria phaseoloides* y *V. radiata*; T7: *Crotalaria juncea* (Figura 1). En cada bloque se plantaron 60 árboles en filas de 6 x 10, a un distanciamiento de 3,10 x 3,10 metros. La parcela efectiva de toma de muestras es de 40 árboles, 4 filas centrales por 10 árboles excluyendo las filas de los bordes.



**Figura 1.** Distribución de tratamientos en los bloques, Finca Salamá, Piedras Blancas, Osa, Puntarenas, Costa Rica.

### Toma de muestras de suelo

Las muestras se colectaron cada 6 meses (6, 12). Para ello realizaron 8 barrenazos a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, para conformar 2 muestras compuestas por tratamiento en cada uno de los bloques.

A partir de este muestreo se determinó materia orgánica; carbono, nutrientes en las muestras de los 6 meses y 12 meses.

Para determinar la textura, densidad aparente y humedad gravimétrica, se tomaron 3 muestras de suelo por tratamiento en cada uno de los bloques. Para determinar humedad gravimétrica, se realizó un muestreo por medio de un oscilador, tomando 3 datos por tratamiento en cada uno de los bloques.

## **Procesamiento de muestras de suelo**

Las muestras en campo se depositaron en bolsas plásticas con su respectiva etiqueta. En el laboratorio son extendidas en papel periódico por al menos 24 horas, para que pierdan humedad, posteriormente la muestra fue disgregada con ayuda de un pistilo, en un mortero; posteriormente fue tamizada a través de un tamiz de 2 mm. La muestra de suelo, la grava y la biomasa se pesaron a una precisión de  $\pm 0,1$  g.

Las muestras de humedad gravimétrica fueron transportadas en una hielera y de determinó su peso húmedo al llegar al laboratorio. Posteriormente se secaron al horno a  $105^{\circ}\text{C}$  por al menos 24 horas o hasta comprobar que estuvieran secas.

## **Preparación de muestras de suelo para envío al laboratorio**

Para el análisis de nutrientes se requieren de 500 g de muestra de suelo, empacadas en bolsas plásticas con su respectiva identificación. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de Suelos de la Escuela de Agronomía del TEC en San Carlos.

## **Humedad gravimétrica**

Para determinar del contenido de humedad o humedad gravimétrica, cada muestra se pesó en húmedo y se llevó al horno a  $105^{\circ}\text{C}$  por 24 horas para determinar su peso en seco; a partir de la fórmula de la siguiente fórmula se obtiene el contenido de humedad:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps}$$

Donde: CH es contenido de humedad gravimétrico; Ph es Peso Húmedo del suelo, en gramos; Ps es Peso seco del suelo, en gramos.

## **Densidad aparente**

Para la determinación de densidad aparente se determinará por medio de la relación entre humedad volumétrica y humedad gravimétrica del suelo:

$$Da = \frac{Hv}{Hg}$$

Donde: Da es densidad aparente, Hv es humedad volumétrica, Hg es humedad gravimétrica o bien contenido de humedad. La densidad aparente variará de acuerdo con el contenido de materia orgánica, la textura y el contenido de humedad del suelo (Gil, 2002).

## **Determinación de textura**

La textura se determinó por medio del método de Bouyoucos (1962). Para ello se utilizó 40 g ( $\pm 0,01$ ) de suelo, que fueron colocados en frascos de vidrio con 50 ml de agua destilada, 50 ml de Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y 50 ml de Hexametáfosfato de Sodio ( $NaPO_3$ )<sub>6</sub>. Posteriormente se agitó la muestra con ayuda de un mezclador electrónico; a los 40s se mide la temperatura y la densidad de la suspensión de la muestra con un hidrómetro, 2 horas después se registra las mismas mediciones. Para la calibración del hidrómetro se tomó un blanco con 50 ml de Hexametáfosfato de Sodio y agua destilada.

## **Cálculo de tamaño de partículas**

Para corregir las lecturas del hidrómetro se le sumó 0,4 (g/L) por cada grado Celsius sobre 20. Para determinar la concentración del suelo en suspensión se aplica la fórmula:

$$C = R - R_L$$

Donde: C es la concentración del suelo en suspensión; R es la lectura del hidrómetro corregida para los 40s o 2 horas;  $R_L$  es la lectura del hidrómetro corregida en el blanco.



Para determinar los respectivos porcentajes de arena, limo y arcilla se deben aplicar las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ arena} = \frac{100 \times (\text{Peso seco muestra} - C_{40s})}{\text{Peso seco muestra}}$$

$$\% \text{ arcilla} = \frac{100 \times C_{2h}}{\text{Peso seco muestra}}$$

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla})$$

El peso seco de la muestra se calculó mediante las siguientes fórmulas:

$$P_{s-\%CH} = \frac{40 \times (100 - \%CH)}{100}$$

$$\text{Peso seco} = \frac{P_{s-\%CH} \times (100 - \%MO)}{100}$$

Donde: CH es contenido de humedad de la muestra, MO es materia orgánica de la muestra

### **Determinación de materia orgánica**

Para determinar materia orgánica se utilizó el método de Ignición Magdoff (1996); para ello se necesitó 10 g de suelo de suelo tamizado que es colocado en crisoles y llevados al horno por 24 horas a 105 °C; éstos crisoles fueron colocados al menos 2 horas antes en el horno a la misma temperatura 105° C. Posteriormente se calcinó el suelo en una mufla a 450 °C por 24 horas.

Para calcular el porcentaje de materia orgánica se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% MO = \frac{P_{ss} - P_{sc}}{P_{ss} - P_c} \times 100$$

Dónde:  $P_{ss}$  es peso de suelo seco,  $P_{sc}$  es peso de suelo calcinado y  $P_c$  es el peso de crisol vacío y seco.

## **Determinación del contenido de Carbono**

Para determinar el contenido de carbono en el suelo se utilizará a partir del porcentaje de materia orgánica, según la fórmula de Tabatabai (1996):

$$\text{Carbono} = \frac{Vs \times Da \times MO}{2}$$

Dónde: Vs es volumen del suelo en metros cúbicos por hectárea; Da es densidad aparente en tonelada por metro cúbico; MO es materia orgánica en porcentaje.

## **Muestras foliares**

Para el muestreo de análisis foliar se aplicó la metodología modificada de Murillo et al. (2014). Se tomarán 10 hojas al azar por tratamiento, de la parte media de la copa. Las hojas serán almacenadas en bolsas negras, colocando una etiqueta con el respectivo tratamiento; posteriormente serán colocadas en hieleras para evitar la degradación de las mismas durante el traslado del material desde el sitio del ensayo hacia el campus. Las muestras serán enviadas al laboratorio directamente.

## **Procesamiento y análisis de datos**

Para el registro de datos de campo y laboratorio se utilizó el programa Microsoft Excel. Los datos fueron sometidos a un ajuste a diferentes tipos de estructuras de covarianza para determinar el modelo del mejor ajuste bajo un modelo mixto y análisis longitudinal en el Programa SAS Versión, las medias se compararon con prueba Tukey, a un 95% de confiabilidad.

## RESULTADOS

### Materia orgánica y Carbono

Los análisis de estas variables fueron realizados por profundidad. Ambas variables no presentaron diferencias significativas en la interacción edad-tratamiento en las 2 profundidades; profundidad 0-20 cm, con  $P = 0,7268$ , para la M.O. y  $P = 0,6904$  para el C; profundidad 20-40 cm con un  $P = 0,7905$  para M.O y  $P = 0,7038$  para el C. Se encontró una diferenciación por bloque en la profundidad de 20-40 cm en M.O. y por edad en 0-20 cm para C (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Valores promedio de Materia orgánica (MO) y Carbono (C), en 7 tratamientos a 2 profundidades, plantación de teca, Piedras Blancas, Osa.

		edad (meses)			
		6		12	
profundidad	tratamiento	MO (%)	C (Mg ha <sup>-1</sup> )	MO (%)	C (Mg ha <sup>-1</sup> )
0-20 cm	<i>C. ensiformis</i>	7,10	53,77	6,93	52,27
	<i>C. juncea</i>	10,23	63,37	10,89	67,05
	Control Manual	7,06	46,48	7,32	48,40
	Mezcla	6,91	50,62	7,70	56,64
	Control Químico	6,83	55,28	6,86	57,12
	Testigo	6,85	53,52	8,52	66,42
	<i>V. radiata</i>	6,36	46,91	7,31	54,16
promedio 0-20		7,33	52,85	7,93	57,44
20-40 cm	<i>C. ensiformis</i>	6,51	49,26	6,03	45,60
	<i>C. juncea</i>	8,84	56,25	9,06	59,63
	Control Manual	6,16	40,87	6,35	41,66
	Mezcla	6,72	49,53	5,78	42,29
	Control Químico	6,33	53,15	5,79	48,96
	Testigo	6,05	47,55	6,20	48,77
	<i>V. radiata</i>	5,77	42,16	6,45	47,83
promedio 20-40		6,63	48,40	6,52	47,82
promedio general		6,98	50,62	7,23	52,63

**Cuadro 2.** Valores p de análisis longitudinal para conocer el efecto de los tratamientos en las variables Materia orgánica (MO) y Carbono (C), en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa.

variable	profundidad	tratamiento	edad
MO	0-20	0,4408	0,0509
	20-40	0,0833	0,7039
C	0-20	0,2950	0,0386
	20-40	0,5568	0,7823

### **Análisis químico a nivel edáfico**

El factor edad tuvo gran significancia ( $P < 0,0001$ ) en la profundidad de 0-20 cm en nutrientes como Ca, P, Cu y Fe; el Zn y el ph tuvieron una diferencia significativa para este factor,  $P= 0,0086$  y  $P= 0, 0081$  respectivamente. El análisis químico para la profundidad de 20-40 cm no pudo ser analizada a la edad de 6 meses.

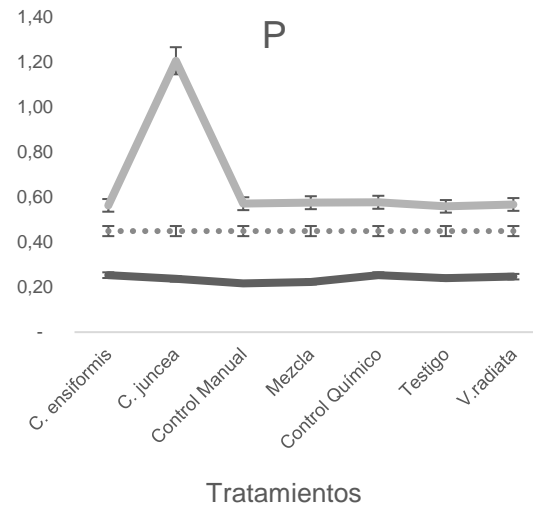
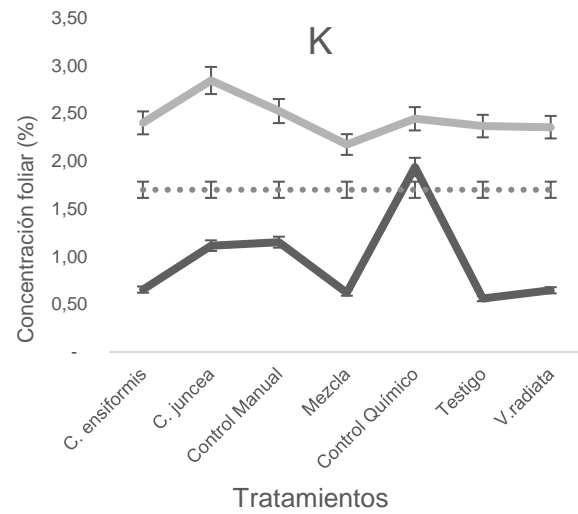
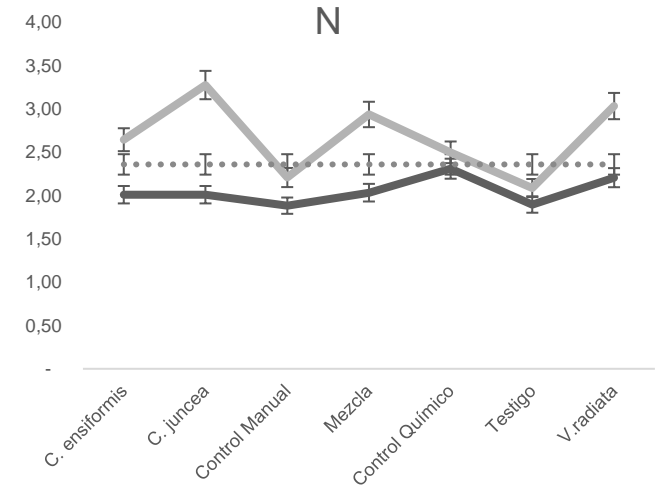
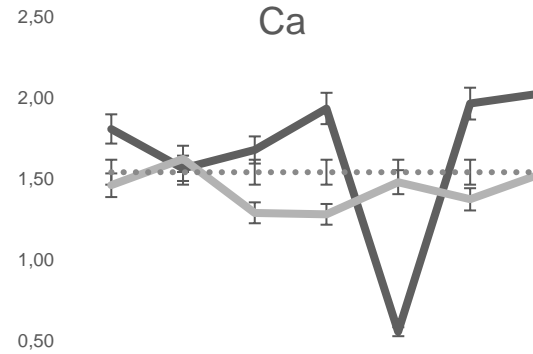
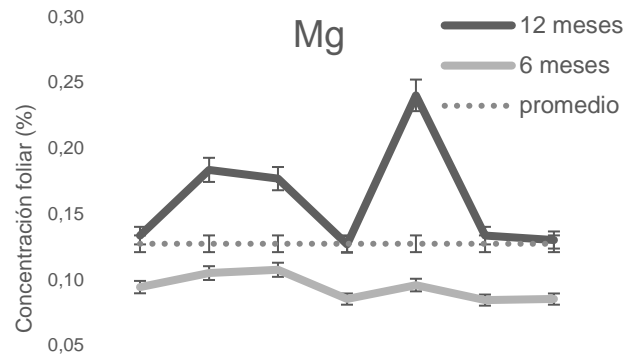
La aplicación de los tratamientos no presentó diferencias significativas en la mayoría de los elementos evaluados; elementos como el Cu, Fe y Mn presentaron diferencias en sus medias con un p valor de 0,0356; 0,0215; 0,0259 respectivamente.

### **Análisis químico a nivel foliar**

Las concentraciones nutricionales a nivel de hojas para el factor edad fue altamente significativo ( $P < 0,0001$ ) en los nutrientes N y K; y, medianamente significativo en P ( $P=0,0002$ ), Ca ( $P= 0,0254$ ), Mg ( $P= 0,0012$ ). A pesar de que con el tiempo hay diferencia en los niveles los tratamientos, los únicos elementos con diferencias significativas por efecto del tratamiento son el K ( $P= 0,0418$ ) y Ca ( $P=0,0353$ ).

**Cuadro 3.** Promedio de concentración de nutrientes en suelo a 2 profundidades, a los 6 y 12 meses de edad, en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa.

edad	tratamiento	profundidad	cmol(+) /L						mg/L			
			P	Zn	Fe	Cu	K	pH	Mg	Ca	Mn	Acidez extr
6	<i>C.ensiformis</i>	0-20	9,25	2,12	46,00	6,33	0,32	5,91	2,32	41,84	1,67	0,44
	<i>C.juncea</i>	0-20	9,49	3,18	72,33	9,67	0,72	5,65	3,07	37,43	2,67	0,50
	Control Manual	0-20	9,95	2,37	64,67	8,33	0,26	5,46	2,82	37,46	1,67	0,79
	Mezcla	0-20	6,10	2,34	52,33	6,67	0,19	5,48	2,45	36,92	11,00	0,53
	Control Químico	0-20	9,48	2,18	72,67	10,00	0,21	5,43	2,94	38,52	11,00	0,83
	Testigo	0-20	9,10	2,34	48,67	8,67	0,27	5,44	2,79	39,12	8,00	0,62
	<i>V.radiata</i>	0-20	8,56	2,14	50,67	5,67	0,17	5,52	2,67	43,78	4,33	0,63
Promedio			8,85	2,38	58,19	7,90	0,31	2,72	5,56	39,30	5,76	0,62
12	<i>C.ensiformis</i>	0-20	10,03	3,03	89,67	9,00	0,29	5,91	2,23	27,19	5,33	0,40
		20-40	10,47	3,10	75,33	9,67	0,25	6,01	2,26	28,95	6,00	0,40
	<i>C.juncea</i>	0-20	13,21	4,09	118,33	11,67	0,64	5,70	3,17	24,76	6,00	0,61
		20-40	17,85	3,11	110,00	12,33	0,85	5,84	3,03	26,48	5,00	0,48
	Control Manual	0-20	14,61	2,52	115,67	12,33	0,31	5,52	2,94	24,71	5,67	0,53
		20-40	13,35	2,38	90,33	11,67	0,33	5,47	2,93	27,79	7,00	0,78
	Mezcla	0-20	10,84	2,94	107,00	12,67	0,24	5,61	2,53	25,60	7,67	0,53
		20-40	9,51	2,22	72,33	9,67	0,19	5,67	2,42	28,23	7,67	0,59
	Control Químico	0-20	11,95	2,63	107,00	12,67	0,29	5,51	2,99	27,37	10,33	0,64
		20-40	16,97	2,34	106,33	10,00	0,16	5,48	2,75	28,56	10,33	0,85
	Testigo	0-20	12,39	2,55	99,33	12,00	0,27	5,58	2,62	27,57	6,67	0,45
		20-40	10,84	2,50	87,33	10,67	0,19	5,54	2,42	26,31	3,33	0,61
	<i>V.radiata</i>	0-20	9,66	2,83	88,00	8,00	0,25	5,57	2,57	22,63	3,33	0,49
		20-40	10,69	2,67	79,33	8,33	0,27	5,65	2,22	23,50	5,67	0,48
Promedio			12,31	2,78	96,14	10,76	0,32	2,65	26,40	5,65	6,43	0,56
Promedio general			11,16	2,65	83,49	9,81	0,32	2,67	30,70	5,62	6,21	0,58



**Figura 2.** Promedio de Concentración foliar (%) de Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fósforo (P) para los 6 y 12 meses de edad en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa.

## DISCUSIÓN

Los valores de materia orgánica disminuyeron conforme aumentó la profundidad del suelo. Aunque no hubo una diferencia significativa en la incorporación de materia orgánica al suelo por la aplicación de los tratamientos (Cuadro 2), los valores determinados superaron el rango expuesto por Gil (2002) de 1 a 5%, a pesar de que Silva (Silva, 1998) estipula que en suelos tropicales tienden a tener porcentajes de materia orgánica muy bajos, lo que difiere de los datos encontrados.

Según el Cuadro 1 el tratamiento *C. juncea* presentó el mayor porcentaje de MO a los 6 y 12 meses, esto puede deberse al rápido crecimiento que tuvo esta cobertura, ya que 3 meses después de su siembra las plantas superaban los 2 metros de altura y tuvo que ser cortada anticipadamente para evitar la pérdida de los árboles de teca, por lo tanto, a la hora del muestreo ya éste material se había incorporado al suelo.

El carbono está directamente relacionado al porcentaje de materia orgánica en el suelo, por lo tanto no se evidenciaron diferencias significativas por la aplicación de los tratamientos (Cuadro 2); sin embargo, los resultados se encuentran dentro del rango obtenido por Ibrahim et al., (2013),  $95,1 \pm 6,6$  ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) para plantaciones forestales de teca. La *C. juncea* obtuvo los valores más altos de C almacenado, pues fue la que aportó mayor MO al suelo.

El tratamiento Testigo también presentó valores altos de C, según Hontoria, Rodríguez-Murillo, & Saa (2004) la no perturbación del suelo favorece la acumulación de éste en el sustrato. La disminución del Carbono en el tiempo se debe a las perturbaciones de éste en los procesos de control de las arvenses, al uso de sistemas de cultivo intensos, así como por la liberación de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera producto de la mineralización de la materia orgánica que pueden provocar pérdidas de hasta en un 50% del carbono fijado en el suelo (Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008).

El carbono orgánico afecta la mayoría de las propiedades físicas del suelo. Existe una relación positiva entre los contenidos de MO, el C en el suelo y el porcentaje de estabilización de los agregados, el contenido de MO (Rhoton, 2000); y el carbono también se ha asociado a mayor tamaño de los agregados (Martínez et al., 2008), a su vez, la capacidad de un suelo de fijación de C depende altamente de su estabilidad.

Este proceso también se ve afectado positivamente por acción del humus, el cual es el producto final de la descomposición de la materia orgánica (Arias, 2001), pues no solo estabiliza la estructura, sino que puede incrementar la capacidad de intercambio catiónico y es una fuente de nutrientes para el crecimiento de las plantas (Silva, 1998). Los resultados del análisis químico a nivel de suelo (Cuadro 3) indican que los valores de pH, Mg, K, Cu, Zn y P, se encuentran dentro de los rangos óptimos, mientras que la acidez, el Ca y el Fe están superando éste rango.

La acidez extraíble y el Ca presentaron una disminución de los 6 meses a los 12 meses, sin embargo, siguen sobrepasando el límite máximo, (0,5) para la acidez y (4,0-15,0 cmol(+)/ L) para el Ca. El Fe presentó diferencias significativas en la aplicación de los tratamientos, presentando una alta diferencia en su concentración de los 6 meses a los 12 meses, 92% sobre su rango máximo (50mg/L).

La disminución de concentración de los nutrientes se puede deber a factores de ciclo hidrológico, lavado por lixiviación, absorción de nutrimentos por parte de los árboles o malezas, absorción para síntesis de proteínas por parte de microorganismos o retención en la superficies de ciertas arcillas; el aumento de dichas concentraciones podría deberse a la cantidad de nutrimentos devueltos al suelo producto de la mineralización de la materia orgánica proveniente de descomposición de la hojarasca principalmente en una especie caducifolia, estudios demuestran que el 50% del total de nutrimentos está asociado a la biomasa aérea (Alvarado & Raigosa, 2012). En el caso específico del Ca su alta concentración puede deberse a que es uno de los elementos que se absorben en menor cantidad (Arias, 2001).



Los niveles nutricionales obtenidos del análisis foliar muestran un nivel adecuado según la tabla de interpretación de niveles foliares de teca de Alvarado & Raigosa, (2012); se exceptúa el Mg que en los primeros 6 meses estaba en un nivel marginal con un 0,09% de concentración, sin embargo, se vio mejorada a los 12 meses (0,16%); evidenciándose la carencia del elemento en la clorosis intervenal que presentaban muchos de los árboles en sus hojas. Los porcentajes de concentración de nutrientes a nivel de hojas fueron constantes de una edad a otra excepto en el elemento antes mencionado.

Según la Figura 2, a pesar de los niveles mostrados especialmente por *C. juncea* y el Control Químico, no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos. Como se mencionó anteriormente la *C. juncea*, tuvo un crecimiento bastante agresivo en comparación con las demás coberturas, por lo tanto, su incorporación fue anticipada debido a la corta de la misma, elevando los resultados en casi todas las variables.

El nitrógeno es un elemento muy importante en la planta pues participa en los principales procesos metabólicos como lo son la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de proteínas (Arias, 2001), el comportamiento del elemento va en decrecimiento conforme aumenta la edad del árbol, por eso en la Figura 2 hay una diferencia marcada de los 6 meses a los 12 meses. Las incorporaciones de coberturas leguminosas al suelo traen beneficios al suelo como protección a la erosión, reduce las pérdidas de N, fijación de la mismo por medio de la leguminosas, rompe con los ciclos de pesticidas y el ataque de parásitos nemátodos (Snapp et al., 2005).

## CONCLUSIONES

Los análisis de suelo mostraron que el sitio presenta condiciones favorables para la producción de teca, sin que se presenten deficiencias marcadas en su desarrollo.

El uso de coberturas para el control de arvenses es una práctica que genera aportes positivos al suelo, que pueden verse reflejados en el crecimiento del cultivo (datos no mostrados), además disminuyen el riesgo a incendios, ataque de plagas y/o enfermedades, y reemplazan o disminuyen el uso de herbicidas y agroquímicos.

La cobertura *C. juncea* es una especie promisoría para control de arvenses en plantaciones ya establecidas, mayores a 2 años, debido a su gran potencial de crecimiento.

La cobertura *P. phaseloides* a pesar de ser utilizada como tratamiento tuvo un comportamiento bastante agresivo, convirtiéndose en maleza, pues cubrió las plantas de *C. ensiformis* y *V. radiata*.

El uso de coberturas para el control de arvenses no es una práctica muy utilizada dentro del sector forestal; las investigaciones van más dirigidas dentro de producciones agrícolas como los granos y tubérculos.

## **RECOMENDACIONES**

Se debe realizar una siembra de coberturas a los 2 o 3 meses de haber establecido el tratamiento, con el fin de determinar más certeramente el efecto de los tratamientos aplicados sobre el suelo.

El muestreo debe realizarse cada en rangos de tiempo más cortos (cada 3 meses), con el fin de optimizar los aportes que generan las coberturas, pues a esta edad dónde se evidenció una cobertura total del suelo por estas, sin dejar de lado su ciclo de vida y tomando en cuenta la recomendación de resiembra mencionada en el párrafo anterior.

Se requiere de un control más estricto en cuanto al manejo de la plantación y la aplicación de los tratamientos para disminuir el error por mala praxis.

## REFERENCIAS

- Alvarado, A., & Raigosa, J. (2012). Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales Universidad de Costa Rica. Colegio de Ingenieros y Agrónomos. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Ángeles, G., Velázquez, A., Vargas, J. J., Ramírez, H., & Musalem, M. A. (1997). Efecto del manejo de la vegetación en algunas variables de crecimiento de la repoblación natural en un rodal de pinus patula en el estado de hidalgo (méxico). *Forest Systems*, 6(1), 119-131.
- Arias, A. (2001). Suelos tropicales. San José, CR, EUNED,
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
- Buhler, D. D., Netzer, D. A., Riemenschneider, D. E., & Hartzler, R. G. (1998). Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. *Biomass and Bioenergy*, 14(4), 385-394. doi://doi.org/10.1016/S0961-9534(97)10075-7
- Fernández, O., & Leguizamón, E. (2015). Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo I: ecología y manejo. Buenos Aires, AR: EdiUNS. Retrieved from <http://site.ebrary.com/lib/itcrsp/docDetail.action?docID=11138295&ppg=1>
- Garro Alfaro, J. E. (2002). Plantas competidoras: Un componente más de los agroecosistemas.
- Gil, R. (2002). El comportamiento físico-funcional de los suelos. INTA-El Sitio Agrícola–Artículos.Instituto De Suelos.INTA Castelar.Disponible Desde Internet< [Www.Elsitioagricola.Com/a.../](http://www.elsitioagricola.com/a.../)>[Citado 10 Feb.2001],
- Hontoria, C., Rodríguez-Murillo, J. C., & Saa, A. (2004). Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España peninsular. *Edafología*, 11(2), 149-155.
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., . . . Rojas, J. (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florin, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61.
- Kogan, M., & Figueroa, R. (1999). Interferencia producida por las malezas durante los dos primeros años en pinus radiata D. don. *Bosque*, 20(1), 57-64.

- Magdoff, F. (1996). Soil organic matter fractions and implications for interpreting organic matter tests. *Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation*, (soilorganicmatt), 11-19.
- Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista De La Ciencia Del Suelo Y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68-96.
- Medrano, C., Figueroa, V., Gutiérrez, W., Villalobos, Y., Amaya, L., & Semprúm, E. (1999). Estudio de las malezas asociadas a plantaciones frutales en la planicie de maracaibo. venezuela. *Revista De La Facultad De Agrónoma*, 16(6)
- Murillo, R., Alvarado, A., & Mark Verjans, J. (2014). Concentración foliar de nutrimentos en plantaciones de teca en la cuenca del canal de panamá. *Agrónoma Costarricense*, 38(1)
- Potter, K. N., Torbert, H. A., Jones, O. R., Matocha, J. E., Morrison, J. E., & Unger, P. W. (1998). Distribution and amount of soil organic C in long-term management systems in texas. *Soil and Tillage Research*, 47(3), 309-321.
- Prior, S. A., Runion, G. B., Torbert, H. A., Rogers, H. H., & Reeves, D. W. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on biomass production and C sequestration: Conventional and conservation cropping systems. *Proceedings of the International Soil Tillage Research Organisation 16th Triennial Conference, Brisbane*, 13-18.
- Rhoton, F. E. (2000). Influence of time on soil response to no-till practices. *Soil Science Society of America Journal*, 64(2), 700-709.
- Silva, A. (1998). *La materia orgánica del suelo*. Montevideo: Facultad De Agrónoma. 34p,
- Snapp, S. S., Swinton, S. M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J. R., Leep, R., . . . O'Neil, K. (2005). Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy Journal*, 97(1), 322-332.
- Tabatabai, M. A. (1996). Soil organic matter testing: An overview. *Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation*, (soilorganicmatt), 1-9.

