

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**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.**

Mario Guevara Bonilla (Coordinador)

Marcela Arguedas Gamboa

Dagoberto Arias Aguilar

Elemer Briceño Elizondo

Edwin Esquivel Segura

Vicerrectoría de Investigación y Extensión

Junio 2018

Contenido

DATOS GENERALES.....	3
RESUMEN.....	4
PRESENTACIÓN.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
RESULTADOS.....	9
Resultados Objetivo específico 1 Artículo 1.....	9
Resultados Objetivo específico 2 Artículo 2.....	23
Resultados Objetivo específico 3 Artículo 3.....	45
Resultados Objetivo específico 4.....	68
Resultados Objetivo específico 5 Transferencia de conocimientos.....	71
CONCLUSIONES.....	73
REFERENCIAS.....	75
ANEXOS.....	77

DATOS GENERALES

1.1. Código del proyecto

1401066

1.2. Nombre del proyecto

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.

1.3. Escuela responsable

Escuela de Ingeniería Forestal

1.4. Otras escuelas participantes

Ninguna

1.5. Instituciones o empresas participantes externas al TEC

American Reforestation Company (ARC)

1.6. Investigador coordinador

Mario Guevara Bonilla, M.Sc.

1.7. Investigadores colaboradores

Marcela Arguedas Gamboa, M.Sc.

Dagoberto Arias Aguilar, PhD.

Elemer Briceño Elizondo, Ph.D.

Edwin Esquivel Segura, PhD.

1.8. Período de ejecución

Enero 2016 – diciembre 2017.

RESUMEN

El control de arvenses es una actividad imprescindible para el manejo de plantaciones forestales. Se encuentra bien documentado que algunas de las plantas arvenses afectan el crecimiento y disminuyen la productividad de las plantaciones en sus estadios iniciales. A pesar de que el control de malezas se puede realizar de forma manual, mecánica o química; su alto costo, posibilidad de compactar el suelo y en algunos casos su poco efecto en el tiempo limita mucho la cantidad y calidad de las operaciones. Ante la necesidad por parte del sector reforestador de Costa Rica de buscar nuevas alternativas para el control de malezas se generó la presente propuesta de investigación cuyo objetivo principal fue evaluar el uso de distintos cultivos de cobertura en plantaciones forestales comerciales. El ensayo se llevó a cabo en la localidad de Salamá, Provincia de Puntarenas, Costa Rica.

Se estableció un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y siete tratamientos: testigo, control químico, control manual, cultivo de cobertura *Canavalia ensiformis*, cultivo de cobertura *Vigna radiata*, mezcla de *Pueraria phaseoloides* con *V. radiata* y cultivo de cobertura *Crotalaria juncea*. Se realizaron mediciones periódicas donde se evaluó el porcentaje de cobertura de las especies utilizadas, el crecimiento de los árboles, el contenido de materia orgánica, carbono orgánico de suelo, nutrientes y los costos de utilizar los cultivos de cobertura como método de control.

Como resultados principales se verificó la capacidad de los cultivos de cobertura de suprimir malezas. Todas las especies utilizadas superaron el 60% de cobertura del terreno, siendo *C. juncea* y *Vigna radiata* las de mejor desempeño. A pesar de que todas las coberturas tuvieron mayores valores de altura que los demás tratamientos, solo *C. ensiformis* tuvo un efecto significativo en el crecimiento en altura a los 6 meses de edad. Los aportes nutricionales no fueron evidenciados, ya que el tiempo de evaluación no permitió una clara diferenciación entre tratamientos. Ninguna cobertura utilizada atrajo plagas ni enfermedades. Con base en los resultados obtenidos se concluye que los cultivos de cobertura pueden utilizarse como un método alternativo de control de malezas sin tener riesgo de afectar el crecimiento de los árboles o atraer plagas o enfermedades forestales. Como recomendación el grupo de investigadores

concuenda que se debe replantar las coberturas el segundo año para maximizar los efectos positivos de su uso.

Palabras claves: Uso de leguminosas, control de arvenses, nutrición forestal, teca, Costa Rica.

PRESENTACIÓN

El control de arvenses es una actividad imprescindible dentro del manejo de plantaciones forestales y es un factor importante para obtener una alta producción de madera en el futuro. Se encuentra bien documentado que las malezas constituyen uno de los mayores impedimentos para el establecimiento exitoso (sobrevivencia), crecimiento inicial y productividad de plantaciones forestales (Adams et al 2003, Garau et al 2009, Ladrach, 2010).

Una gran variedad de alternativas de control de malezas se ha investigado y probado en el campo forestal que van desde el control manual y control mecánico (motoguadañas o tractores agrícolas con implementos de corta) hasta el control químico (George y Brennan 2002). Tradicionalmente en Costa Rica el control de malezas en plantaciones forestales se ha realizado de varias formas siendo el control manual y más recientemente el control químico con herbicidas las operaciones más frecuentes por su rapidez, efectividad y prolongado efecto (Guevara 2011).

Sin embargo, a pesar de las muchas contribuciones de estos métodos hay muchas desventajas y retos. El alto costo y la posibilidad de producir compactación y disturbar las propiedades del suelo son unas de las desventajas de los controles manuales y mecánicos (Jabran et al 2015). Del mismo modo, su alto costo y principalmente los efectos que causan a la salud humana, a la contaminación del ambiente y de aguas superficiales y subterráneas han generado que organizaciones como el Forest Stewardship Council (FSC) y la Organización Mundial de la Salud, así como pequeños y medianos reforestadores comerciales restrinjan cada vez más el uso de herbicidas en plantaciones forestales comerciales (Jabran et al 2015, FSC 2015).

A nivel mundial y principalmente en la agricultura, los cultivos de cobertura se han convertido en uno de los métodos alternativos de control de malezas y de remplazo de herbicidas más importantes. Entre sus beneficios se reconocen la supresión de malezas ya sea por competencia de luz, agua y nutrientes o por liberación de sustancias alelopáticas de tejidos vivos o en descomposición (Burst et al 2014). Paralelamente, los cultivos de cobertura proporcionan otros tipos de beneficios como enriquecer el suelo mediante la fijación de nitrógeno, mejorar su estructura y controlar poblaciones de herbívoros.

Son muchas las especies que se utilizan a nivel mundial, sin embargo, en cultivos tropicales las plantas fijadoras de nitrógeno (leguminosas) son las más utilizadas como coberturas o plantas de asocio ya que producen una gran cantidad de hojas (biomasa) que cubren el suelo y evitan la erosión del mismo, además mantienen la humedad del suelo y aumentan el contenido de materia orgánica (Jabran et al 2015). Entre las principales especies destacan *Arachis pintoii*, *Phaseolus vulgaris*, *Mucuna pruriens*, *Pueraria phaseoloides*, *Crotalaria sagittalis* y *Desmodium sp.*

El uso de cultivos de cobertura en Costa Rica se ha dado principalmente en los cultivos de palma aceitera, banano y café. Autores como Ortiz et al 1995 han presentado resultados positivos en cuanto al control de malezas utilizando la especie *Pueraria phaseoloides* a pesar de que su mantenimiento debe ser intensivo ya que tiene hábito trepador. Otros autores han encontrado resultados positivos en cuanto al control de erosión. Sin embargo, estos trabajos se han enfocado solo en análisis individual de alguno de los beneficios y no se han orientado a estudiar en forma integral los diferentes elementos afectados por la presencia de la cobertura (crecimiento del cultivo, mejoramiento de la fertilidad, aumento o disminución de herbívoros).

En el campo forestal son pocas las experiencias desarrolladas a nivel centroamericano. Destacan las tesis de Arias (1998) y Sima (2010) donde evalúan el porcentaje de cobertura en el suelo y el efecto de mezclar algunas especies leguminosas con métodos tradicionales de control de malezas. Específicamente a nivel nacional no se reportan estudios científicos de uso de coberturas vegetales en plantaciones forestales. Este proyecto buscó realizar una investigación integral de todos los factores asociados al uso de cultivos de cobertura y además pretendió llenar

un vacío de información referente a métodos alternativos de control de malezas en plantaciones forestales.

El planteamiento del proyecto estuvo basado en los siguientes objetivos específicos

1. Determinar el efecto de las coberturas vegetales en el control de arvenses y en el crecimiento de plantaciones forestales.
2. Cuantificar el efecto de los distintos cultivos de cobertura en la dinámica de nutrientes del suelo través del tiempo.
3. Determinar el efecto de la utilización de cultivos de cobertura en la presencia de herbívoros y fitopatógenos.
4. Analizar el costo financiero de utilizar cultivos de cobertura como control de arvenses.
5. Transferir los conocimientos y las experiencias generadas a los grupos meta.

Los resultados del proyecto fueron planteados para responder cada objetivo específico y se presentan en tres artículos científicos de los cuales uno se encuentra en preparación final para ser sometido y los otros dos ya fueron sometidos a revistas indexadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La siguiente sección muestra de una manera general los materiales y métodos ejecutados en el proyecto. Es importante resaltar que para cumplir con los objetivos propuestos se llevó a cabo un ensayo en una plantación recién establecida propiedad de la empresa American Reforestation Company. La metodología específica sobre cómo se ejecutaron cada uno de los objetivos específicos se muestra en los artículos presentados en la sección de resultados.

Área de estudio

El proyecto de investigación se realizó en la localidad de Salamá, Provincia de Puntarenas, Costa Rica (8°48' 41" N y 83° 17' 37" O) a una altitud de 20 m. La zona de vida de acuerdo a Holdridge (1987) es bosque muy húmedo tropical, con una temperatura promedio de 26 °C y una precipitación media anual de 4450 mm. El suelo de este sitio es de orden Inceptisol según la clasificación USDA (2003).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y siete tratamientos. Los tratamientos aplicados fueron: Testigo (sin control de malezas), control de malezas químico, control de malezas manual, cultivo de cobertura *Canavalia ensiformis*, cultivo de cobertura *Vigna radiata*, mezcla entre *Vigna radiata* y *Pueraria phaseoloides* y cultivo de cobertura *Crotalaria juncea*. Cada unidad experimental estuvo conformada por 60 árboles incluyendo los bordes. La parcela efectiva de medición fue de 40 árboles distribuidos en 4 filas con 10 árboles cada una.

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de homocedasticidad y se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks para verificar su normalidad, utilizando el software estadístico SAS. Se realizó un análisis de varianza con análisis longitudinal. La comparación de medias se realizó mediante una prueba de Tukey con nivel de confianza del 95% significancia.

Costos y rendimientos

Con base en la información recolectada sobre tiempos y movimientos se construyeron dos escenarios:

- a. Productividad y costos de los distintos tratamientos utilizados tal y como se realizó en el ensayo
- b. Productividad y costos del uso de coberturas solo en la línea de siembra de los árboles

RESULTADOS

Resultados Objetivo específico 1 Artículo 1

Este artículo está en proceso final de elaboración.

Cover crops as a weed control method and its effect on the initial growth of a *Tectona grandis* plantation in the southern zone, Costa Rica

Mario Guevara-Bonilla¹, Edwin Esquivel-Segura¹, Elemer Briceño-Elizondo¹, Marcela Arguedas¹, Dagoberto Arias¹.

¹Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Cartago, Costa Rica

*Corresponding author: maguevara@itcr.ac.cr

ABSTRACT

Tectona grandis L.f. (teak), is one of the most used tropical species in commercial reforestation projects. Among the silvicultural activities of these plantations are weed control and management. The objective of the study was to evaluate the effect of cover crops in weed control and in initial growth of a young teak stand in the southern part of Costa Rica. A randomized complete block design with three replications and seven treatments was used: Control (without weed control), Chemical weed control, Manual weed control, Cover crop *Canavalia ensiformis*, Cover crop *Vigna radiata*, Mix between *Vigna radiata* and *Pueraria phaseoloides* and Cover crop *Crotalaria juncea*. The main results FOUND were the ability of cover crops to suppress weeds. All species used exceeded 60% coverage of the land, with *C. juncea* and *Vigna radiata* having the best performance. Although all coverings had higher height values than the other treatments, only *C. ensiformis* had a significant effect on height growth at 6 months of age.

Keywords: cover crops, weed control teak, Costa Rica.

RESUMEN

Tectona grandis L.f. (teca), es una de las especies tropicales más utilizadas en la reforestación comercial. Dentro de las actividades de manejo de estas plantaciones se encuentran el control de malezas o plantas arvenses. El objetivo del presente estudio, fue evaluar el efecto de cultivos de cobertura en el control de arvenses y en el crecimiento inicial de una plantación recién establecida de teca en la zona sur de Costa Rica. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y siete tratamientos: Testigo (sin control de malezas), Control de malezas químico, Control de malezas manual, Cultivo de cobertura *Canavalia ensiformis*, Cultivo de cobertura *Vigna radiata*, Mezcla entre *Vigna radiata* y *Pueraria phaseoloides* y Cultivo de cobertura *Crotalaria* sp. Como resultados principales se verificó la capacidad de los cultivos de cobertura de suprimir malezas. Todas las especies utilizadas superaron el 60% de cobertura del terreno, siendo *C. juncea* y *Vigna radiata* las de mejor desempeño. A pesar de que todas las coberturas tuvieron mayores valores de altura que los demás tratamientos, solo *C. ensiformis* tuvo un efecto significativo en el crecimiento en altura a los 6 meses de edad.

Palabras clave: cultivos de cobertura, control de arvenses, teca, Costa Rica

INTRODUCTION

Tectona grandis (teak) is one of the most valuable tropical woods worldwide (Kollert and Kleine 2017). It is of easy propagation, establishment and management; its excellent quality timber is very appreciated for the furniture industry, structural elements, boats, carpentry, plates, floors, among other products (Keogh 2013, Moya et al., 2014). In Costa Rica it has been used in reforestation projects for commercial purposes (Montagnini 2004, Boley et al.2009) and until 2014, the National Institute of Statistics and Census (INEC) reports 47 167 hectares planted with this species and more than 150,000 scattered trees on farms (INEC 2015).

There are many activities within forest plantation management that must be contemplated to guarantee their success, one of these activities is weed control. Weeds are one of the major impediments to the successful establishment (survival), initial growth and productivity of forest plantations (Adams et al 2003, Garau et al 2009, Ladrach, 2010).

A wide variety of weed control alternatives have been studied and tested in the forestry field ranging from manual and mechanical control (sowing machines or agricultural tractors with cutting implements) to chemical applications (George and Brennan 2002). In Costa Rica, weed control in forest plantations has been carried out in several ways, with manual control and, more recently, chemical control with herbicides, being the most frequent operation due to their effectiveness and prolonged effect (Guevara 2011).

Despite the contributions of these methods there are many disadvantages and challenges. The high cost and the possibility of soil compaction and disturbance of soil properties are problems associated to manual and mechanical controls (Jabran et al., 2015). Similarly, due to high cost and adverse effects to human health, environmental pollution, surface and groundwater, the use of herbicides have been restricted use in commercial forest plantations by many organizations, such as the Forest Stewardship Council (FSC) and the World Health Organization (WHO) (Jabran et al 2015, FSC 2015).

Globally and mainly in agriculture, cover crops have become one of the alternative methods for weed control and replacement of herbicides. Among their benefits are weed suppression, whether due to light, water and nutrient competition or the release of allelopathic substances from living or decaying tissues (Brust et al., 2014). In addition, cover crops provide other types of benefits such as soil enrichment by nitrogen fixing, soil structure improvement and control of herbivore populations.

The use of cover crops in Costa Rica has occurred mainly in oil palm, banana and coffee crops. Authors such as Ortiz et al. (1995) have presented positive results in terms of weed control using the *Pueraria phaseoloides*. However, they indicate that its maintenance must be intensive since it has a climber habit. Other authors have found positive results in terms of erosion control. In the forestry field there are few

experiences developed in Central America by undergraduate theses and they have evaluated the coverage percentage in the soil and the effect of mixing some legume species with traditional methods of weed control.

In Costa Rica there are no scientific studies on the use of vegetation cover in forest plantations, so there is an important information gap. For this reason, the objective of this study was to evaluate the effect of cover crops in the control of weeds and the initial growth of a newly established teak plantation in the southern zone of Costa Rica.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The trial was conducted in the town of Salamá, Province of Puntarenas, Costa Rica ($8^{\circ} 48' 41''$ N and $83^{\circ} 17' 37''$ W) at an altitude of 20 m (Figure 1). The area is classified as very humid tropical forest according to Holdridge life zone systems, with an average temperature of 26° C and an average annual precipitation of 4450 mm. The soil is classified as inceptisol order according to the USDA classification (2003).

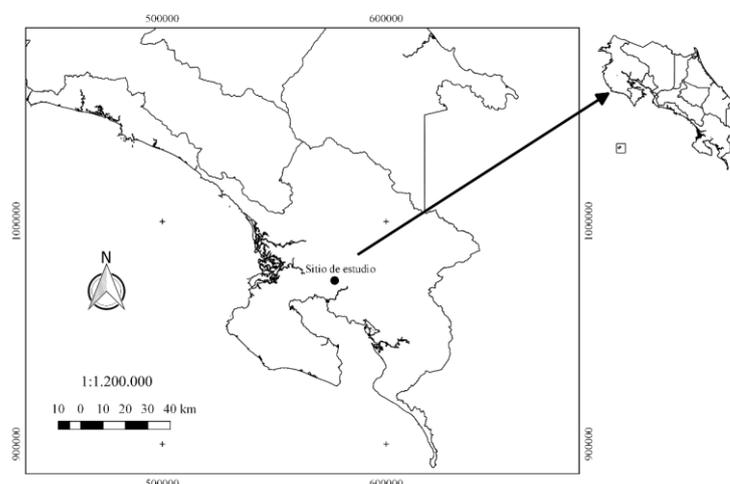


Figure 1. Geographical location of the study site.

Experimental design

A randomized complete block design with three repetitions and seven treatments was used. The treatments applied were: T0: Control (without weed control), T1: Chemical weed control, T2: Manual weed control, T3: *Canavalia ensiformis* cover crop, T4: *Vigna radiata* cover crop, T5: Mix between *Vigna radiata* and *Pueraria phaseloides* and T6: *Crotalaria juncea* cover crop. Each experimental unit consisted of 60 trees including the edges. The effective plot of measurement was 40 trees distributed in 4 rows with 10 trees each.

Land preparation and cover crops sowing

Before establishing the test sites, the terrain was mechanized using a Same® tractor of 95 horsepower, a chisel plow and a 16-disc harrow. After the initial mechanization, 30 cm high ridges were established where the trees were planted with a distance of 3.1 x 3.1 m. The test area was free of weeds at the time of sowing the covers. The cover crops were planted 15 days after the plantation was established. The hole and the sowing were done manually at a distance of 50 cm between holes and rows.

Variables to be evaluated

Cover crops ground cover percentage

Weed assessment was undertaken at 2, 4, 8 and 16 months after planting. 1 x 1 m square were measured randomly at 3 m intervals along the tree plots. Each square was divided into 10 x 10 cm blocks and percent groundcover estimated. Average height was recorded in each sample square for each cover crop.

Growth in diameter and height

The variables diameter to base (db, cm), height (h) and diameter at breast height (dbh, cm) were measured, once the trees reached 1.4 meters in height, on each treatment; To estimate the growth in each of these variables, the measurements over time were systematically distributed and following the same sequence every time. A measurement was made at the time of establishing the treatments and subsequently it was measured at 3, 6 and 12 months.

Financial analysis

The cost per hectare of implementing each treatment was calculated in terms of the productivity per hectare of each activity, the number of times per year, materials and the cost of the seed of the cover crops. To determine the productivity, values estimated by the company were used. In the case of cover crops, a study of times and movements was carried out and data were subsequently extrapolated to hectare values.

Statistic analysis

The data were subjected to a homocedasticity analysis and the Shapiro-Wilks test was applied to verify its normality, using SAS statistical software. An analysis of variance was performed with longitudinal analysis. The comparison of means was carried out using a Tukey test with 95% confidence level significance.

RESULTS

Cover crop establishment and ground cover percentage

The initial development of all the species used was similar, starting its development after two weeks of establishment. As of four weeks *C. juncea* and *V. radiata* had a more vertiginous growth and an increase of coverage of more than 50%. At the end of the 16 weeks of evaluation only *C. juncea* managed to have a 100% coverage percentage, however, all species used managed to exceed 60% coverage (figure 2).

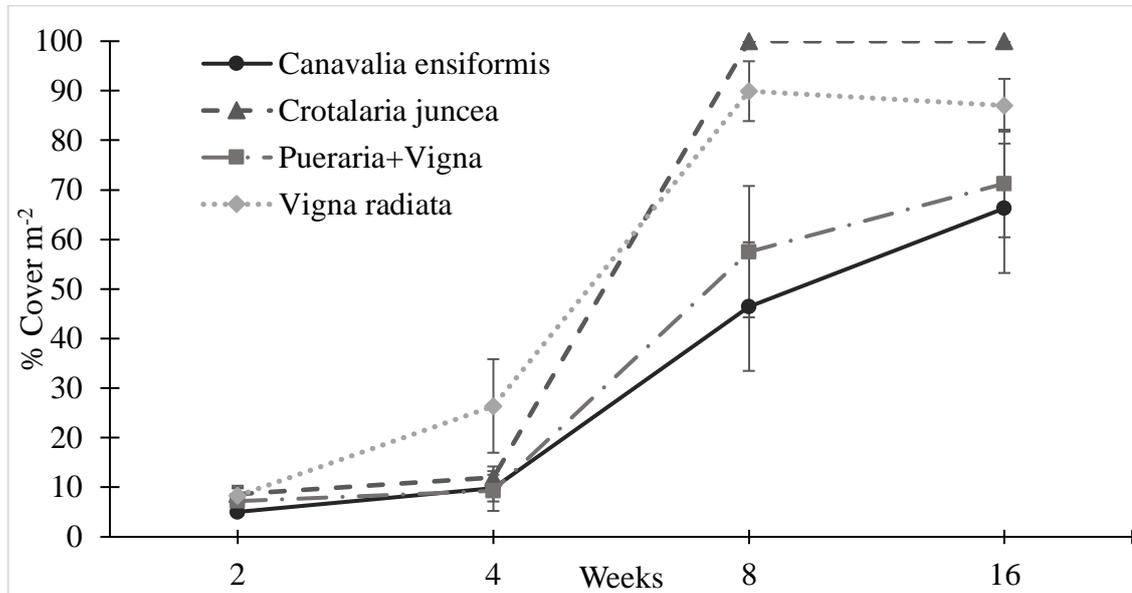


Figure 2. Percent cover of four legumes intercropped with teak plants over a period of 16 weeks after planting.

The maximum height reached by the coverages used varied depending on the species. Species such as *V. radiata* and *P. phaseloides* showed a creeping behavior with maximum heights of 20 and 40 cm respectively. *C. ensiformis* showed a more shrubby behavior with a maximum height of 1 meter, while *C. juncea* grew to 2.5

meters in height. This coverage had to be eliminated due to the shadow effect generated on the plantation.

Plantation growth

Table 1 shows the results obtained for height and diameter at base growth for the study. The results showed no significant differences in the values from diameter at base (table 1) both at 6 months (with diameters that varied from 2.37 cm to 3.33 cm), and at 12 months (from 6.05 cm to 6.83 cm).

For the height values, significant differences were found at 6 months of age of the plantation, being the species *C. ensiformis* the one that showed the highest value ($p < 0.05$). Despite the fact that at 12 months all the treatments with cover crops presented higher heights, no significant differences were found between the treatments. It should be noted that the covers died in the dry season (9 months of age).

Table 1. Average values and standard deviation () of height and diameter at the base of a plantation of *T. grandis* at 6 and 12 months of age in the southern zone of Costa Rica.

Treatment	Height (cm)		Diameter at base (cm)	
	6 months	12 months	6 months	12 months
Control	168,96 ^a (73,14)	464,32 ^a (98,45)	3,33 ^a (1,40)	6,11 ^a (1,36)
Chemical weed control	137,23 ^a (69,18)	452,60 ^a (86,77)	2,94 ^a (1,24)	6,05 ^a (1,34)
Manual weed control	125,39 ^a (65,84)	475,23 ^a (89,18)	2,37 ^a (0,97)	6,73 ^a (1,28)
<i>C. ensiformis</i>	187,32 ^b (75,53)	515,36 ^a (101,57)	3,21 ^a (1,13)	6,67 ^a (1,46)
<i>V. radiata</i>	159,04 ^a (77,88)	483,91 ^a (111,66)	2,81 ^a (1,07)	6,59 ^a (1,54)
<i>V. radiata</i> + <i>P. phaseloides</i>	174,88 ^a (72,00)	502,59 ^a (112,78)	3,26 ^a (1,32)	6,83 ^a (1,66)
<i>C. juncea</i>	158,20 ^a (73,98)	487,33 ^a (113,19)	3,06 ^a (1,08)	6,58 ^a (1,52)

The costs of executing the treatments for 12 months are shown in Table 2. Manual weed control was the cheapest treatment followed by chemical control. Although labor costs in chemical control were much lower, the price of materials (application equipment, herbicide and safety equipment) increases the total cost. Among the cover crops, *C. ensiformis* was the most expensive treatment, mainly due to seed cost.

Table 2. Treatment cost per hectare (US \$)

Treatment	Weed control		Labour		Materials		Total (US \$)	
	Operations	per year	Productivity	Wages (us \$)	Plant	Unit price Cost		
Witness							nil	
Manual weed control							193,1	
Hand weeding 1	4		2,08	147,6		10		
Hand weeding 2	2		1	35,5				
Chemical weed control	4		1,04	73,8		135,8	209,6	
<i>C. ensiformis</i>	1		10	177,4	20 kg ha ⁻¹	13,2	264,6	442,0
<i>V. radiata</i>	1		10	177,4	10 kg ha ⁻¹	3,5	35,3	212,7
<i>V. radiata</i> + <i>P. phaseloides</i>	1		10	177,4	10kg ha ⁻¹	3,5	35	212,4
<i>C. juncea</i>	1		10	177,4	5 kg ha ⁻¹	7,1	35,3	212,7

Note: Materials from chemical control consists in hand equipment, security equipment and herbicide

DISCUSSION

The field development of the cover crops used was different, however, it was possible to verify their potential to suppress weeds in the first months of establishment of the plantation. The results found are similar to those found by Rebolledo et al (2011) in species such as *Mucuna priurens* and *Clitoria ternate* in combination with mango trees.

Little et al (2002) mention that combining cover crops as a control method can generate larger amounts of allelochemical substances as well as producing more biomass to suppress weeds more effectively. However, the combination of species used in this experiment was not the one that presented the best results. The percentage of germination of *P. phaseloides* was low and its development was very slow; this affected the performance of the mixture. Although *C. juncea* species did not work, it should not be discarded as an option, but rather it could be evaluated in plantations where the canopy cover is higher.

There are differences of criteria in the literature regarding the effect of cover crops on the growth of forest species. While Mendham et al (2004) found negative effects on the growth of eucalyptus plantations using the genera *Mucuna*, *Stylosanthes* and *Pueraria*, authors such as Moreira and Moletto (2008) found a positive response using the *Avena trigosa* and *Lupinus albescens* cover.

Three of the four species used had no effect on the initial growth of the trees, so it can be suggested that these species have a lower competitive effect compared to weed plants

Despite the extensive information that points out to the benefits of using cover crops, the economic viability must be demonstrated. For any method of weed control to be economically viable, it must generally be cheaper to implement than an

opposite method or, if it is more expensive, the additional costs should be rewarded with greater growth gains (Little et al 2002).

CONCLUSIONS

- The evaluated covers were able to effectively suppress weeds present in the field.
- Only the *Canavalia ensiformis* species showed greater growth in height 6 months after the trial was established. For the other variables and ages of evaluation, no significant differences were found.
- Manual weed control was the most economical treatment during the study time.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Vice-Rector for Research and Outreach of the Technological Institute of Costa Rica for the financing of this project and the American Reforestation Company for their support during its execution.

REFERENCES

ADAMS, P.R.; BEADLE, C.L.; MENDHAM, N.J.; SMETHURST, P.J. 2003. The impact timing and duration of grass control of a young *Eucalyptus globulus* Labill. Plantation. **New Forests**, 26, 147-165.

BOLEY, J.; DREW, A.; ANDRUS, R. 2009. Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 257: 2254-2261.

Brust, J., Claupein, W., & Gerhards, R. (2014). Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. *Crop Protection*, 63(0), 1-8.

De Camino, R.; Morales, J.P. 2013. La teca en América Latina. *In Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Turrialba, Costa Rica. p. 30-41.

FSC (Forest Stewardship Council, DEU). 2015. Lista de pesticidas "altamente peligrosos del FSC". FSC-STD-30-001a ES. Bonn, DEU, FSC International Center. 22 p.

GARAU, A. M.; GHERSA, C. M.; LEMCOFF, J. H.; BARAÑAO, J. J. Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* (F. Muell) establishment: effects of competition on sapling growth and survivorship. **New Forests**. v. 37, n. 3, p. 251-264, 2009.

GUEVARA, M. 2011. Productividad y costos de la chapea mecanizada en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* en la zona norte de Costa Rica. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, 8(20).

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario: Cultivo Agrícolas, Forestales y Ornamentales. San José, Costa Rica. 285 p.

JABRAN, K.; MAHAJAN, G.; SARDANA, V.; CHAUHAN, B.S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection** 72(0): 57-65.

Keogh, M. 2013. La teca y su importancia económica a nivel mundial. En R. de Camino & J. P. Morales (Eds.), *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Cartago, Costa Rica: FAO-CATIE. *Serie Técnica. Informe Técnico n° 397 (pp. 8-28)*.

KOLLERT, W.; KLEINE, M. 2017. The Global Teak Study. Analysis, Evaluation and Future Potential of Teak Resources. IUFRO World Series Volume 36. Vienna. 108 p.

Ladrach, W. 2010. Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtrópico. Cartago, CR, Editorial Tecnológica. 660 p.

LITTLE, KM.; SCHUMANN, A.W.; NOBLE, A.D. 2002. Performance of a *Eucalyptus grandis* x *E.camaldulensis* hybrid clone as influenced by a cowpea cover crop. **Forest ecology and management**. 168. 43-52.

Montagnini, F. 2004. Plantaciones forestales con especies nativas: una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales. **Recursos Naturales y Ambiente** 43:28-35.

Moya, R; Bond, B; Quesada-Pineda, H. 2014. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. *Wood Sci. Technol.* (48) 411–433.

ORTIZ, R.; FERNÁNDEZ, O.; LEÓN, O.; VILLALOBOS, E. 1195. Oil palm water status and soil nutrient contents as affected by mulching. **Indian Oil Palm Journal**. 5 (25), 7-14

SAS-Institute Inc. 2000. SAS/STAT User's Guide, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC.

United States Department of Agriculture (USDA). 2003. Keys to Soil Taxonomy. Natural Resources Conservation Service. Washington DC, USA. 332 p.

Resultados Objetivo específico 2 Artículo 1



Cartago, 18 de abril, 2018

Respetados Investigadores:

Paola Hernández-Rodríguez¹
Edwin Antonio Esquivel-Segura¹
Mario Guevara-Bonilla¹
Elemer Briceño-Elizondo¹

Hemos recibido su artículo titulado:

Efecto del uso de cultivos de cobertura como método de control de arvenses en las propiedades del suelo en plantaciones jóvenes de *Tectona grandis* (L.f.)

El mismo será sometido inmediatamente a los procedimientos de revisión establecidos por la Revista Forestal Mesoamericana Kurú. Oportunamente le enviaremos las resoluciones.

Le agradecemos mucho que nos seleccionara para difundir los resultados de sus investigaciones. Muy atentamente,

Ing. Dorian Carvajal Vanegas
Escuela de Ingeniería Forestal
Revista forestal Mesoamericana Kurú,
Editor

¹ Tecnológico de Costa Rica, Sede Central, Cartago hdz.pao02@gmail.com ; esquivel@itor.ac.cr ; maguevara@itor.ac.cr ; elencmo@itor.ac.cr

Responder Responder a todos Reenviar MI

Dorian Carvajal Vanegas Paola Hernández Mario Guevara Bonilla 1 Jueves 31/5

Revisión de manuscrito Hernández-Rodríguez et al

Mensaje Revisión .zip (7 MB)

Estimados autores

Adjunto los formularios de revisión, además de correcciones, sugerencias y algunas referencias recomendadas por el revisor 1.

En este caso, el manuscrito tuvo una revisión no favorable y dos favorables con cambios, es muy importante que tomen en cuenta las recomendaciones del revisor 1, el cual menciona que el periodo de estudio es muy corto para que existan cambios, de ahí que ustedes no encontraran diferencias significativas.

Para que su manuscrito pueda ser aceptado debe mejorarse sustancialmente y tomar en cuenta las recomendaciones de los 3 revisores.

Favor enviar el manuscrito con las correcciones y sugerencias incorporadas a más tardar el viernes 29 de junio, de no recibir el mismo a tiempo ,se procederá a rechazar el manuscrito y se debe iniciar el proceso. Cualquier duda me escriben.

Saludos cordiales

Dorian

No se puede iniciar sesión en: SharePoint.

TODAS LAS CARPETAS ESTÁN ACTUALIZADAS. CONECTADO A: MICROSOFT EXCHANGE 100%

Efecto del uso de cultivos de cobertura leguminosos en las propiedades del suelo en una plantación joven de *Tectona grandis* (L.f.)

Paola Hernández-Rodríguez¹

Edwin Antonio Esquivel-Segura¹

Mario Guevara-Bonilla¹

Elemer Briceño-Elizondo¹

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 malezas, podrían generar otros beneficios al cultivo. Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes métodos de control de arvenses se estableció un ensayo en un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones y siete tratamientos: testigo, control químico, control manual, cobertura de *Canavalia ensiformis*, cobertura de *Vigna radiata*, cobertura *Pueraria phaseloides* con *V. radiata* y cobertura de *Crotalaria juncea*. Se realizaron mediciones de suelo y tejido foliar de las plantaciones a los 6 y 12 meses para evaluar a nivel de suelo el contenido de materia orgánica, carbono orgánico de suelo 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. El poco tiempo de evaluación podría ser una de las razones para no encontrar diferencias significativas en los distintos tratamientos. 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: coberturas leguminosas, materia orgánica, carbono orgánico de suelo, teca.

¹ Tecnológico de Costa Rica, Sede Central, Cartago. hdz.pao02@gmail.com; eesquivel@itcr.ac.cr; maguevara@itcr.ac.cr; ebriceno@itcr.ac.cr

Effect of leguminous cover crops in a young *Tectona grandis* (L.f.) plantation

Abstract

Weed control is a fundamental practice in plantation forestry. Null or inadequate weed control can lead to growth reduction and economic losses. Several techniques to control weeds are used in tropical forest plantations, however, few evidence exists on the effect of these methods on soil properties. The objective of the work was to evaluate the effects of different weed control methods in soil properties in a young teak stand. To perform the experiment, a trial was carried out in a randomized complete block design consisting of 3 replications and seven treatments: control, chemical control, manual control, cover crop *Canavalia ensiformis*, cover crop *Vigna radiata*, mix of *Pueraria phaseoloides* with *V. radiata*, cover crop *Crotalaria juncea* cover crop and three repetitions. Changes in time of organic matter, carbon in the soil and nutrients, edaphic and foliar level were evaluated. There were no significant differences in the means of C and MO. There were no significant differences in organic matter content and soil carbon. 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: leguminous cover crops, organic matter, soil organic carbon, teak.

Introducción

Tectona grandis (teca) es una de las maderas tropicales más valiosas a nivel mundial (Kollert y Kleine 2017). En Costa Rica se ha utilizado en proyectos de reforestación con fines comerciales y el INEC (2015) reporta 47 mil hectáreas plantadas distribuidas en varias regiones del territorio, siendo la exportación en troza el mercado más importante para esta especie.

Para que un proyecto de reforestación comercial sea exitoso, se deben realizar prácticas silviculturales que fomenten su rápido crecimiento. Dentro de esas prácticas, el control de arvenses es una actividad imprescindible y es un factor importante para obtener una alta producción de madera. Se documenta que las malezas constituyen uno de los mayores impedimentos para el establecimiento exitoso (sobrevivencia), crecimiento inicial y productividad de plantaciones forestales (Adams et al. 2003; Garau et al. 2009; Ladrach 2010).

Los métodos de control de arvenses más utilizados en plantaciones forestales son los manuales, empleo de coberturas, mecánicos y el uso de herbicidas. Sin embargo, las características edáficas y los recursos disponibles para el árbol pueden verse afectadas a mediano y largo plazo por el impacto que ejercen las mismas. Autores como Alvarado y Raigosa (2012) y Jabran et al. (2015) mencionan que los controles manuales, mecánicos y químicos de arvenses podrían compactar y disturbar las propiedades del suelo provocando disminución de los rendimientos esperados.

A nivel mundial, los cultivos de cobertura se han convertido en uno de los métodos alternativos de control de malezas y de remplazo de herbicidas más importantes. Entre sus beneficios se encuentran la capacidad de aumentar: el almacenamiento de carbono en el suelo (Potter et al. 1998), la disponibilidad de nitrógeno, la

capacidad de infiltración, la capacidad de retención de agua; y reducir la escorrentía y la erosión (Prior, Runion, Torbert, Rogers, & Reeves, 2003). En el campo forestal Balandier *et al* (2009) mencionan que estos cultivos pueden ser una alternativa aceptable de control de arvenses y podrían asegurar una alta sobrevivencia de las plantaciones recién establecidas. Por otra parte, Nikiema et al. (2012), reportan un aumento en la disponibilidad de nitrógeno en comparación con métodos convencionales en plantaciones de árboles de navidad utilizando 3 cultivos de cobertura diferentes.

A pesar de que existe información sobre el efecto de los cultivos de cobertura en el mejoramiento de las propiedades del suelo en especies forestales, hay limitada información y se desconoce el efecto que éstos pueden tener en plantaciones forestales tropicales. Su incorporación como método de control de arvenses en plantaciones forestales debe decidirse basado en una evaluación general de sus ventajas y desventajas, así como de sus efectos sobre las propiedades del suelo. Por tal motivo el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la utilización de cultivos de cobertura en las propiedades del suelo en una plantación recién establecida de teca.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El ensayo se realizó en la localidad de Salamá, Provincia de Puntarenas, Costa Rica (8°48' 41" N y 83° 17' 37" O) a una altitud de 20 msnm. La zona de vida de acuerdo a Holdridge es bosque muy húmedo tropical, con una temperatura promedio de 26 °C y una precipitación media anual de 4450 mm (Centro Científico Tropical & Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2014). El suelo del sitio pertenece al orden Inceptisol (Mata, Rosales, Vásquez, & Sandoval, 2013) con una densidad aparente de 0,75 g/cm³ y una textura franco arenosa.

Figura 1

Preparación del terreno y siembra de coberturas

Antes de establecer el sitio de ensayo, se mecanizó el terreno utilizando un tractor marca Same de 95 caballos de fuerza, un arado de cincel y una rastra de 16 discos. Posteriormente a la mecanización inicial se establecieron camellones de 30 cm de altura en donde fueron plantados los árboles con un distanciamiento de 3,1 X 3,1 metros. El área de ensayo estuvo libre de arvenses al momento de la siembra de las coberturas.

Los cultivos de cobertura fueron sembrados 15 días después de establecida la plantación. El hoyado y la siembra se realizó de forma manual a una distancia de 50 cm entre hoyos y filas.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y siete tratamientos: T0: Testigo (sin control de malezas), T1: Control de malezas químico, T2: Control de malezas manual, T3: Cultivo de cobertura *Canavalia ensiformis*, T4: Cultivo de cobertura *Vigna radiata*, T5: Mezcla entre *V. radiata* y *Pueraria phaseoloides* y T6: Cultivo de cobertura *Crotalaria juncea*. Cada unidad experimental estuvo conformada por 60 árboles incluyendo los bordes. La parcela efectiva fue de 40 árboles distribuidos en 4 filas con 10 árboles cada una.

Muestreo y evaluaciones realizadas

El muestreo de suelo mineral se realizó a profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm previamente al establecimiento de la plantación (línea base) y a los 6 y 12 meses de edad de qué, mediante un muestreo compuesto (8 submuestras). Las muestras fueron transportadas a laboratorio y secadas al aire por 24 horas, tamizadas a 2 mm (mesh ATMS N°10) para determinar los porcentajes de suelo, grava y biomasa

en la muestra. Con base en los muestreos realizados se determinó el porcentaje de materia orgánica, carbono, nutrientes.

La densidad aparente se determinó por medio de la relación entre humedad volumétrica y humedad gravimétrica del suelo debido a que el sitio presenta en un bloque un nivel de grava importante. Para la determinación de textura se midió los sólidos en suspensión por el método de Bouyoucos (1962).

La determinación de materia orgánica en el suelo fue realizada mediante el método de pérdida de peso por ignición (WLOI) por sus siglas en inglés (Magdoff, 1996). Para ello, una alícuota de 10 g de suelo ($\pm 0,01$ g) fue secada por 24 horas en horno a 105 °C para obtener el peso seco del suelo ($\pm 0,01$ g). Posteriormente, las muestras fueron calcinadas en una mufla a 450° C por 24 horas y pesadas ($\pm 0,01$ g) para obtener el peso calcinado. Previo al pesaje, se permitió que las muestras alcanzaran temperatura ambiente en un desecador. Se realizó un replica cada 10 muestras como medida de control del laboratorio. El contenido de materia orgánica se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% MO = \left(\frac{P_{SS} - P_{Sc}}{P_{SS} - P_c} \right) \times 100 \quad (1)$$

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.

Las determinaciones de carbono en el suelo se realizaron mediante la fórmula de Tabatabai (1996):

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

(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.

Se realizaron análisis químicos a nivel de suelo para determinar la cantidad de nutrientes en el mismo. El procedimiento utilizado para la extracción de nutrientes fue el de la solución extractora KCL 1N y Olsen modificado (Díaz-Romeu y Hunter 1978).

Muestreo foliar

Para el muestreo de análisis foliar de la teca, se aplicó la metodología modificada de Murillo et al. (2014). Se tomó una hoja de la parte media de la copa, en 10 árboles al azar por tratamiento. Las hojas fueron transportadas en bolsas negras y colocadas en hieleras para evitar la degradación de estas durante el traslado del material, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Agronómicos, San Carlos.

Análisis estadístico

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 9.1, las medias se compararon con prueba Tukey, a un 95% de confiabilidad.

Resultados

Materia orgánica y Carbono

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para materia orgánica y carbono (cuadro 1 y 2). Se encontró una diferenciación por edad en 0-20 cm para C donde la edad de 12 meses presenta un valor mayor al de 6 meses (Cuadro 2).

Cuadro 1

Cuadro 2

Análisis químico a nivel edáfico

La edad de la plantación El factor 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 (Cuadro 3) Estos cambios son una disminución leve excepto en el caso del P que aumentó.

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 valor p 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 los cuales disminuyeron conforme aumentó la edad y, medianamente significativo en P ($P = 0,0002$), Ca ($P = 0,0254$), Mg ($P = 0,0012$) que presentan valores mayores. 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

Discusión

Los valores de materia orgánica disminuyeron conforme aumentó la profundidad del suelo como es común en la mayoría de los suelos no perturbados del mundo tropical. 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. Alvarado (2006) menciona que los cambios en materia orgánica del suelo debidos a cambios de cobertura en Costa Rica son asintóticos, es decir disminuyen rápidamente cuando se corta el bosque, pero tardan ´dedadas en recuperarse sin importar el la “cobertura” que se le dé al terreno.

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 sombra, por lo tanto, a la hora del muestreo ya este material se había incorporado al suelo.

El carbono orgánico de suelo está directamente relacionado al porcentaje de materia orgánica en el suelo, por lo que 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), $95,1 \pm 6,6$ (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, y Saa (2004) la no perturbación del suelo favorece la

acumulación de éste en el sustrato. La disminución del carbono orgánico de suelo en el tiempo puede deberse 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 CO₂ a la atmósfera producto de la mineralización de la materia orgánica que pueden provocar pérdidas de hasta en un 50% del carbono orgánico de suelo 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 orgánico de suelo 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 superan 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% por sobre su rango máximo (50mg/L), lo que puede estar asociado a los cambios en acidez.

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, (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 N 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 podrían generar beneficios al suelo como protección a la erosión, reducción 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). Por lo que se puede presumir que las coberturas no lograron satisfacer por si mismas las demandas del cultivo.

Conclusiones

No se evidenciaron diferencias en los niveles de carbono orgánico de suelo ni en materia orgánica en los diferentes tratamientos aplicados en las mediciones realizadas.

A pesar de que se encontraron diferencias en algunos elementos no se evidenció diferencias entre los niveles de nitrógeno foliar.

A pesar de las coberturas las necesidades nutricionales del cultivo no fueron satisfechas.

Los cambios nutricionales en el tiempo pueden deberse al desarrollo del cultivo.

Recomendaciones

Realizar estudios que permitan dar seguimiento al nitrógeno fijado por las leguminosas a partir de técnicas de marcaje nuclear.

En futuros estudios las coberturas deben ser establecidas al inicio de cada época lluviosa en plantaciones forestales cada año.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica por el financiamiento de este proyecto y a American Reforestation Company por su apoyo.

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.
- 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.*
- Centro Científico Tropical, & Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2014). Zonas de vida de Costa Rica según la clasificación de Holdridge, L. R.
- Gil, R. (2002). El comportamiento físico-funcional de los suelos. *INTA-El Sitio Agrícola–Artículos.Instituto De Suelos.INTA Castelar.Disponible Desde Internet< Wwww.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.
- 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.
- Mata, R., Rosales, A., Vásquez, A., & Sandoval, D. (2013). *Mapa digital de suelos, órdenes y subórdenes* Retrieved from www.cia.ucr.ac.cr/?p=2082.
- Murillo, R., Alvarado, A., & Mark Verjans, J. (2014). Concentración foliar de nutrientes 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. (2003). (2003). Effects of elevated atmospheric CO₂ on biomass production and C sequestration: Conventional and conservation cropping systems. Paper presented at the *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.

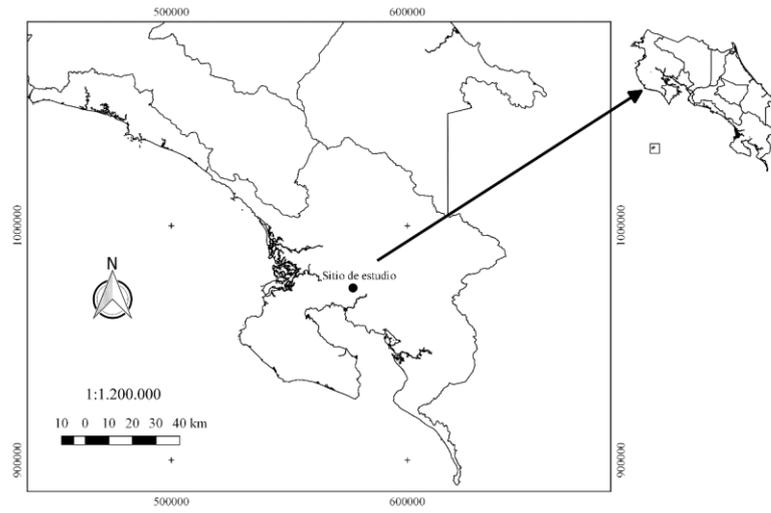


Figura 1. Localización geográfica del sitio de estudio.

Figure 1. Geographical location of the study site.

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

Table 1. Average values of organic matter (MO) and carbon (C), in 7 treatments at 2 depths, teak plantation, Piedras Blancas, Osa.

Profundidad	Tratamiento	Edad (meses)			
		6		12	
		MO (%)	C (Mg ha ⁻¹)	MO (%)	C (Mg ha ⁻¹)
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 Orgánico de Suelo(C), en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa.

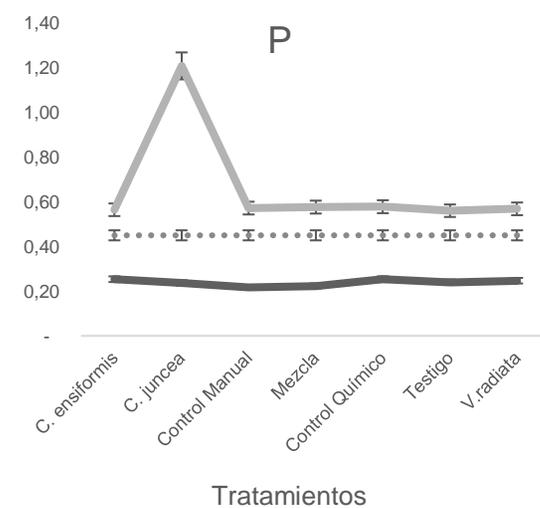
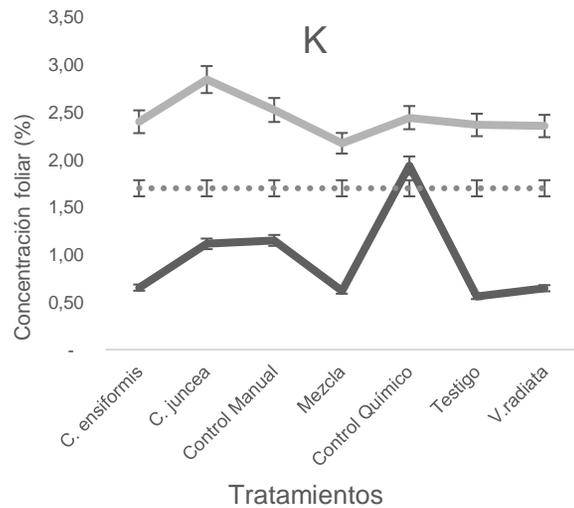
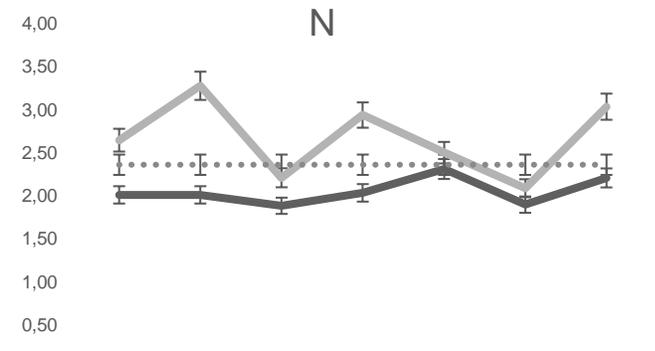
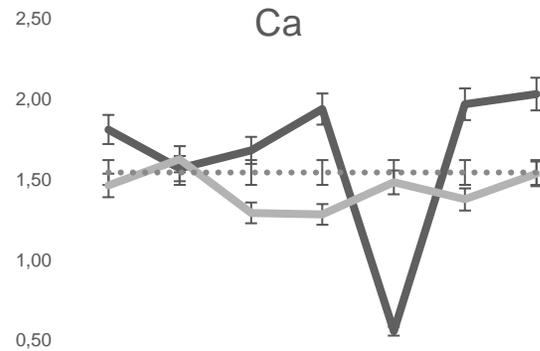
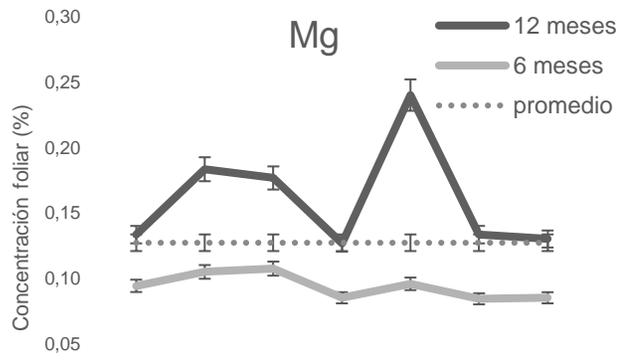
Table 2. Longitudinal analysis p-values to know the effect of the treatments on the variables Organic matter (OM) and Carbon (C), in teak plantation, Piedras Blancas, Osa.

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

Cuadro 3. Concentración de nutrientes en suelo a 2 profundidades, línea base y a los 6 y 12 meses de edad, en plantación de teca, Piedras Blancas, Osa.

Table 3. Concentration of nutrients in soil at 2 depths, base line and at 6 and 12 months of age, in a teak plantation, Piedras Blancas, Osa.

edad	tratamiento	profundidad	cmol(+) /L						mg/L			
			P	Zn	Fe	Cu	K	pH	Mg	Ca	Mn	Acidez extr
Línea Base	Muestra 1	0-20	11,2	1,4	49,3	5,2	0,78	5,88	3,00	31,80	5,20	0,33
		20-40	11,6	1,2	30,0	4,1	0,61	5,90	2,70	33,38	6,10	0,52
	Muestra 2	0-20	6,8	1,4	36,7	6,0	0,86	6,25	2,60	34,63	4,20	0,08
		20-40	7,3	1,3	42,3	6,8	0,80	6,36	2,70	34,34	2,20	0,10
	Muestra 3	0-20	8,8	1,1	48,7	6,8	0,81	5,80	2,80	31,96	10,60	0,36
		20-40	11,0	1,0	38,7	5,2	0,69	6,31	2,60	33,53	2,70	0,33
6	<i>C.ensifomis</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
12	<i>C.ensifomis</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



Tratamientos

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.

Figure 2. Average concentration of foliar (%) Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Nitrogen (N), Potassium (K) and Phosphorus (P) for 6 and 12 months of age in teak plantation, Piedras Blancas, Osa.

Resultados Objetivo específico 3 Artículo 1

Objetivo específico: Determinar el efecto de la utilización de cultivos de cobertura en la presencia de herbívoros y fitopatógenos

 Responder  Responder a todos  Reenviar



Marcela Arguedas Gamboa

Mario Guevara Bonilla

22/5/2018

RE: Acuse

 Respondió a este mensaje el 22/5/2018 11:21 a. m..

De: Revista Agronomía Costarricense <rac.cia@ucr.ac.cr>
Enviado el: martes, 22 de mayo de 2018 09:53
Para: Marcela Arguedas Gamboa <marguedas@itcr.ac.cr>
Asunto: Acuse

Estimada señora Arguedas:

Buenos días, le comunico que el 13 de abril del 2018 recibimos su manuscrito **Incidencia y severidad de *Olivea tectonae* y *Rhabdopterus* sp. en plantaciones jóvenes de *Tectona grandis* L.f. bajo distintas modalidades de control de arvenses**, el cual fue analizado el 18 de mayo en sesión del Consejo Editorial y actualmente se encuentra en consulta con los respectivos especialistas para revisión.

Atentamente,

Rosibel Serrano Gómez
Asistente Editorial
Revista Agronomía Costarricense
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica

Teléfono (506)2511-2080
Fax (506) 2234-1627
E-mail rac.cia@ucr.ac.cr

**Incidencia y severidad de *Olivea tectonae* y *Rhabdopterus* sp. en
plantaciones jóvenes de *Tectona grandis* L.f. bajo distintas modalidades de
control de arvenses**

Marcela Arguedas^{1/*}

María Rodríguez-Solís*

Mario Guevara-Bonilla*

Edwin Esquivel*

Simón Sandoval**

Elemer Briceño*

Resumen

Tectona grandis L.f. (teca), es la especie forestal de madera preciosa más cultivada en el mundo y en Costa Rica se ha utilizado en proyectos de reforestación con fines comerciales. Dentro de las actividades de manejo de estas plantaciones se encuentran el control de malezas o plantas arvenses y la prevención y manejo de plagas. Se desarrolló una investigación para determinar el efecto de la utilización de cultivos de cobertura en la presencia de herbívoros y organismos fitopatógenos en plantaciones jóvenes de *T. grandis* en la zona Pacífico Sur de Costa Rica, provincia de Puntarenas. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y siete tratamientos: Testigo (sin control de malezas), Control de malezas químico, Control de malezas manual, Cultivo de cobertura

Canavalia ensiformis, Cultivo de cobertura *Vigna radiata*, Mezcla entre *Vigna radiata* y *Pueraria phaseoloides* y Cultivo de cobertura *Crotalaria* sp. Se seleccionaron como plagas objetivo *Olivea tectonae* (“roya de la teca”) y *Rhabdopterus* sp. (“esqueletizador de la teca”) y se realizaron dos evaluaciones de incidencia e índice promedio de severidad, cuando la plantación tenía seis y 12 meses de edad. Para ambas plagas, ninguna interacción resultó significativa; la única diferencia fue por fecha para las variables Severidad *O. tectonae* (mitad de la copa superior y mitad de la copa inferior) e incidencia de *O. tectonae* (mitad de la copa superior) e Índice Promedio de severidad de *Rhabdopterus* sp.; para las variables Incidencia de *O. tectonae* (mitad de la copa inferior) e incidencia de *Rhabdopterus* sp. Esto indica que los cultivos de cobertura utilizados no afectaron la incidencia y el índice promedio de severidad de las dos plagas evaluadas.

Palabras claves: cultivos de cobertura, teca, plagas y enfermedades, malezas

Abstract

Incidence and severity of *Olivea tectonae* and *Rhabdopterus* sp. in young plantations of *Tectona grandis* L.f. under different modalities of weed control. *Tectona grandis* L.f. (teak), is the most cultivated precious wood forest species in the world and in Costa Rica it has been used in commercial reforestation projects. Among the silvicultural activities of these plantations are weed and the prevention and management of pests. A study was developed to determine the effect of cover crops in the presence of herbivores and phytopathogenic organisms in young stands of *T. grandis* in the South Pacific zone of Costa Rica, Puntarenas province. A randomized complete block design with three replications and seven treatments was used: Control (without weed control), Chemical weed control, Manual weed control, Cover crop *Canavalia ensiformis*, Cover crop *Vigna radiata*, Mix between *Vigna radiata* and *Pueraria*

phaseloides and Cover crop *Crotalaria juncea*. *Olivea tectonae* ("teak rust") and *Rhabdopterus* sp. ("Teak skeletonizer") were selected as target pests and two evaluations of the incidence and severity index were made, when the plantation was six and 12 months old. For both pests, no interaction was significant; the only difference was by date for the variables Severity *O. tectonae* (half of the top crown and half of the bottom crown) and Incidence of *O. tectonae* (half of the top crown) and Mean Severity Index of *Rhabdopterus* sp.; for the variables Incidence of *O. tectonae* (middle of the bottom crown) and Incidence of *Rhabdopterus* sp. This indicates that the coverage did not affect the incidence and the average severity index of the two evaluated pests.

Keywords: cover crops, teak, pest and diseases, weed control.

INTRODUCCIÓN

Tectona grandis L.f. (teca), es la especie forestal de madera preciosa más cultivada en el mundo. Es una especie de fácil propagación, establecimiento y manejo, y su madera de excelente calidad es muy apreciada para la construcción de muebles, elementos estructurales, embarcaciones, carpintería, chapas, pisos, entre otros (Keogh 2013; Moya *et al.* 2014). El cultivo de la teca es un recurso emergente con grandes posibilidades en América Latina (de Camino y Morales 2013; Kollert y Kleine 2017). En Costa Rica se ha utilizado en proyectos de reforestación con fines comerciales (Montagnini 2004; Boley *et al.* 2009) y hasta el año 2014, el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) informa de 47 167 ha plantadas con esta especie y más de 150 000 árboles dispersos en fincas (INEC 2015). Con respecto a las plagas, para América Tropical, Arguedas *et al.* (2013) reportan 53 especies de insectos, 34 de patógenos, dos vertebrados y cuatro muérdagos afectando *T. grandis*.

Hay muchas actividades dentro del manejo de las plantaciones forestales que deben ser contempladas para garantizar el éxito de las mismas. Entre ellas se encuentran el control de malezas o plantas arvenses y la prevención y manejo de plagas. Las malezas constituyen uno de los mayores impedimentos para el establecimiento exitoso (supervivencia), crecimiento inicial y productividad de plantaciones forestales (Adams *et al.* 2003, Garau *et al.* 2009, Ladrach 2010). Tradicionalmente en Costa Rica, en plantaciones forestales, se han realizado de forma manual y más recientemente mediante control químico con herbicidas (Guevara, 2011).

Ambos métodos son de alto costo y específicamente el químico puede tener efectos negativos en la salud humana y conllevar a contaminaciones del ambiente (suelos, aguas, etc.) (Jabran *et al.* 2015, FSC 2015). A nivel mundial y principalmente en la agricultura, los cultivos de cobertura se han convertido en uno de los métodos alternativos de control de arvenses y de remplazo de herbicidas más importantes, su manejo puede proveer numerosos servicios ecosistémicos, que

incluyen, además del mejoramiento de la calidad de los suelos, el aumento de la productividad del cultivo principal y la regulación de plagas (Lundgren y Fergen 2011, Schipanski *et al.* 2014).

La práctica del uso de cultivos de cobertura ha sido muy utilizada en la agricultura, sin embargo, son mínimas las experiencias del uso de coberturas en plantaciones forestales tropicales y su relación con la severidad de daños por plagas. Es por ello que se ejecuta la presente investigación, con el objetivo de determinar el efecto de la utilización de cultivos de cobertura en la presencia de herbívoros y organismos fitopatógenos en plantaciones jóvenes de *T. grandis* en la zona Pacífico Sur de Costa Rica, provincia de Puntarenas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ensayo se realizó en la localidad de Salamá, Provincia de Puntarenas, Costa Rica (8°48' 41" N y 83° 17' 37" O) a una altitud de 20 m. La zona de vida de acuerdo a Holdridge (1987) es bosque muy húmedo tropical, con una temperatura promedio de 26 °C y una precipitación media anual de 4450 mm. El suelo de este sitio es de orden Inceptisol según la clasificación USDA (2003).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y siete tratamientos. Los tratamientos aplicados fueron: T0: Testigo (sin control de malezas), T1: Control de malezas químico, T2: Control de malezas manual, T3: Cultivo de cobertura *Canavalia ensiformis*, T4: Cultivo de cobertura *Vigna radiata*, T5: Mezcla entre *Vigna radiata* y *Pueraria phaseloides* y T6: Cultivo de cobertura *Crotalaria* sp. Cada unidad experimental estuvo conformada por 60 árboles incluyendo los bordes. La parcela efectiva de medición fue de 40 árboles distribuidas en 4 filas con 10 árboles cada una.

Preparación del terreno y siembra de coberturas

Antes de establecer los sitios de ensayo, se mecanizó el terreno utilizando un tractor marca Same® de 95 caballos de fuerza, un arado de cincel y una rastra de 16 discos. Posteriormente a la mecanización inicial se establecieron camellones de 30 cm de altura en donde fueron plantados los árboles con un distanciamiento de 3,1 x 3,1 m. El área de ensayo estuvo libre de arvenses al momento de la siembra de las coberturas.

Los cultivos de cobertura fueron sembrados 15 días después de establecida la plantación. El hoyado y la siembra se realizó de forma manual a una distancia de 50 cm entre hoyos y filas.

Selección de las plagas evaluadas

Se realizó una valoración cualitativa al ensayo a los tres meses de establecido, con el objetivo de evaluar el estado fitosanitario de las plántulas y seleccionar las plagas “objetivo” para la valoración de herbivoría.

Valoración de incidencia y severidad

Se realizaron dos evaluaciones de las plagas objetivo, la primera cuando la plantación tenía seis meses de establecida (diciembre de 2016) y la segunda a los 12 meses (junio de 2017).

En cada unidad experimental se determinó la incidencia (I) (ecuación 1) y el índice promedio de la severidad (IPS) de la enfermedad (ecuación 2), acorde con las metodologías propuesta por Arauz (1998) y Couto *et al.* (2007).

(1)

$$I = \frac{\text{Total de árboles enfermos}}{\text{Total de árboles muestreados}} * 100$$

(2)

$$IPS = \frac{\sum(\text{Grado de Categoría} * \text{Frecuencia})}{\text{Total de unidades evaluadas}} * 100$$

La incidencia indica la cantidad de árboles enfermos con respecto a la totalidad de árboles evaluados, la severidad evalúa la frecuencia con la que se presentan las diferentes categorías de daño en relación al total de árboles enfermos. Para este ensayo, se utilizaron cinco categorías de severidad respecto al porcentaje de follaje afectado por cada una de las dos plagas (cuadro1).

Cuadro 1. Categorías de severidad para la evaluación de los daños producidos por *Rhabdopterus* sp. y *Olivea tectonae* en *Tectona grandis*.

Categoría de severidad	Follaje afectado (%)
A	0,1-20,0
B	21,0-40,0
C	41,0-60,0
D	61,0-80,0
E	81,0-100,0

Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos y la fecha de medición sobre las variables de severidad fueron analizadas utilizando modelos lineales generalizados, solucionando el problema del no-cumplimiento de normalidad de los errores. Esto es, debido a que el índice de severidad se calculó de conteos agrupados en cinco categorías. En esos modelos, se evaluaron cuatro diferentes distribuciones (Normal, Poisson, Gamma y Geométrica), buscando el mejor ajuste del modelo que permitiera hacer inferencia sobre el efecto de los tratamientos. Para el caso de las variables de incidencia, se realizó un análisis de varianza bajo los supuestos de normalidad en un diseño en bloques aleatorios. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico SAS Versión 9.1 (SAS-INSTITUTE-INC, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de plagas evaluadas

Se seleccionaron como plagas representativas *Olivea tectonae* (“roya de la teca”) y *Rhabdopterus* sp. (“esqueletizador de la teca”). Arguedas *et al.* (2013) mencionan ambas plagas dentro del grupo de las más importantes de *T. grandis* en América tropical.

Olivea tectonae (T.S. Ramakr. & K. Ramakr.) J.L. Mulder (Uredinales, Chaconiaceae) afecta el follaje de plántulas en el vivero hasta árboles adultos. En estos últimos, las hojas afectadas son las más viejas, especialmente las de las partes bajas. Estas hojas presentan inicialmente manchas necróticas de tamaño y forma variable, de color verdoso que cambia a tonos claros y luego a café y grises (figura 1.A). Las afectaciones pueden provocar deshoja prematura y reducción de las tasas de crecimiento esperadas (Arguedas 2004, Arguedas *et al.* 2006, Arguedas *et al.* 2013). En el envés se forman estructuras llamadas uredinios, los

cuales son eruptivos, cilíndricos y curvados; su abundancia es tan grande que las esporas o urediniosporas que liberan cubren toda la superficie inferior de la hoja, dándole un color anaranjado y una apariencia polvosa (figura 1.B); las urediniosporas son subglobosas, equinuladas, ovoides a elipsoidales y miden de 17-28 x 14-25 μm (CABI 2017; Cibrián y Arguedas 2007). Esta enfermedad ha sido reportada en toda Asia; sin embargo, durante los últimos años se ha presentado en plantaciones de *T. grandis* en América desde el sur de México hasta Ecuador, Brasil y el Caribe (Matarrita *et al.* 2006, Pérez *et al.* 2008, Cabral *et al.* 2010, EPPO 2005, Mesquita *et al.* 2016).

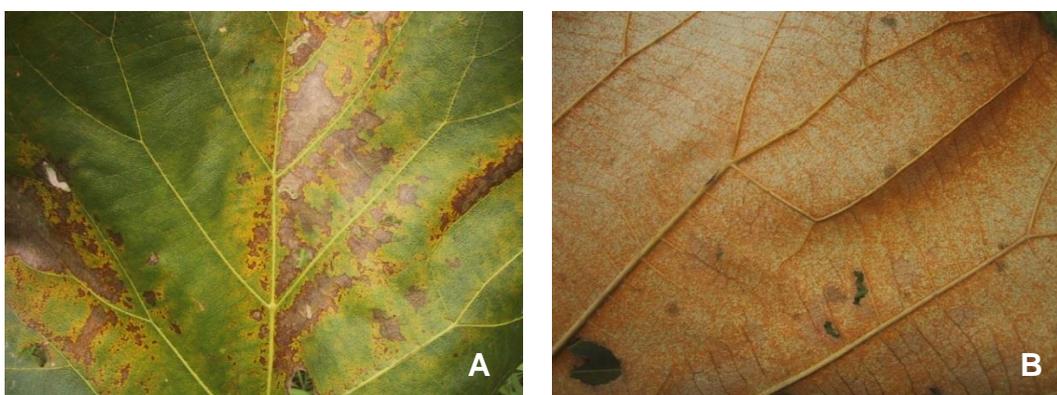


Figura 1. *Olivea tectonae* en *Tectona grandis* L.f. Puntarenas, Costa Rica. A: Síntomas necróticos en el follaje, B: masas de urediniosporas en el envés de la hoja. Puntarenas, Costa Rica.

Las especies de *Rhabdopterus* (Coleoptera, Chrysomelidae, Eumolpinae) son polífagas; los adultos se alimentan de follaje de *T. grandis*, producen perforaciones características de forma elongada y curva de aproximadamente 1,3

cm de largo y 0,16 cm de ancho (Figura 2) (Muñoz 2002, Arguedas *et al.* 2013). Los huevos de especies de la subfamilia Eumolpinae son puestos en la base de tallos o cerca de las plantas hospederas (Booth *et al.* 1990). Las larvas son blancas con una línea longitudinal oscura y la cabeza color marrón con mandíbulas bien desarrolladas (Muñoz 2002). La pupación se realiza en celdas que forman las larvas en el suelo. Los adultos son escarabajos pequeños (4-5 mm de largo), compactos, robustos, de forma óvalo-convexa, de color verde oscuro a negruzco metálico-iridiscente con tonalidades cobrizas; los ángulos anteriores del tórax son finos y dirigidos hacia fuera, las patas son rojizo claro con la tibia media arqueada (Muñoz 2002, Barrera *et al.* 2008).

Poseen hábitos alimenticios nocturnos. Los ataques están relacionados con la dominancia de gramíneas en el sitio, ya que las larvas se alimentan de sus raíces (Arguedas *et al.* 2013,). Se observó que la severidad de esta enfermedad era mayor en la parte baja de la copa, por lo que las evaluaciones de incidencia y severidad se realizaron en la Mitad de la Copa Superior (MCS) y en la Mitad de la Copa Inferior (MCI)



Figura 2. Hoja joven de *Tectona grandis* con perforaciones de herbivoría provocadas por adultos de *Rhabdopterus* sp. Puntarenas, Costa Rica.

Evaluación de incidencia y severidad

Para el ataque de *O. tectonae*, se demuestra que es un patógeno que puede afectar a su hospedero en etapas juveniles (entre seis y doce meses de edad), como lo indican Arguedas *et al.* (2013) para la región neotropical americana. En ambas mediciones (diciembre de 2016 y junio de 2017), en la Mitad de la Copa Inferior (MCI), la incidencia osciló entre 90 – 100 % y la severidad entre 14 – 23 %; mientras que en la Mitad de la Copa Superior (MCS), la incidencia osciló entre 0 – 29 % y la severidad entre 0 -12 %. La Incidencia de la medición de diciembre del 2016, apenas oscila entre 98 y 100 % en la MCI. Estas diferencias entre las dos partes de la copa evaluadas, sugieren que los síntomas de la enfermedad son de mayor intensidad en la parte inferior de planta, desplazando su avance en dirección a la copa del árbol.

Para los parámetros de medición de incidencia en MCI, MCS, y severidad en MCS, los valores de la segunda medición (junio del 2017) son iguales o inferiores a los de la primera medición (diciembre del 2016), debido a que los árboles más jóvenes son más susceptibles a la enfermedad. En el caso de la severidad en MCI, sucede lo contrario, los valores de la segunda medición son superiores a los de la primera, lo que indica que la severidad del ataque aumentó con el tiempo y en mayor proporción en las hojas maduras.

Además, a excepción del parámetro de Incidencia de la MCI para la medición de diciembre del 2016, el tratamiento “Mezcla” fue el más bajo para las otras condiciones de Incidencia (Figura 3). Sin embargo, se demuestra que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, solo hubo diferencias entre las dos fechas de evaluación.

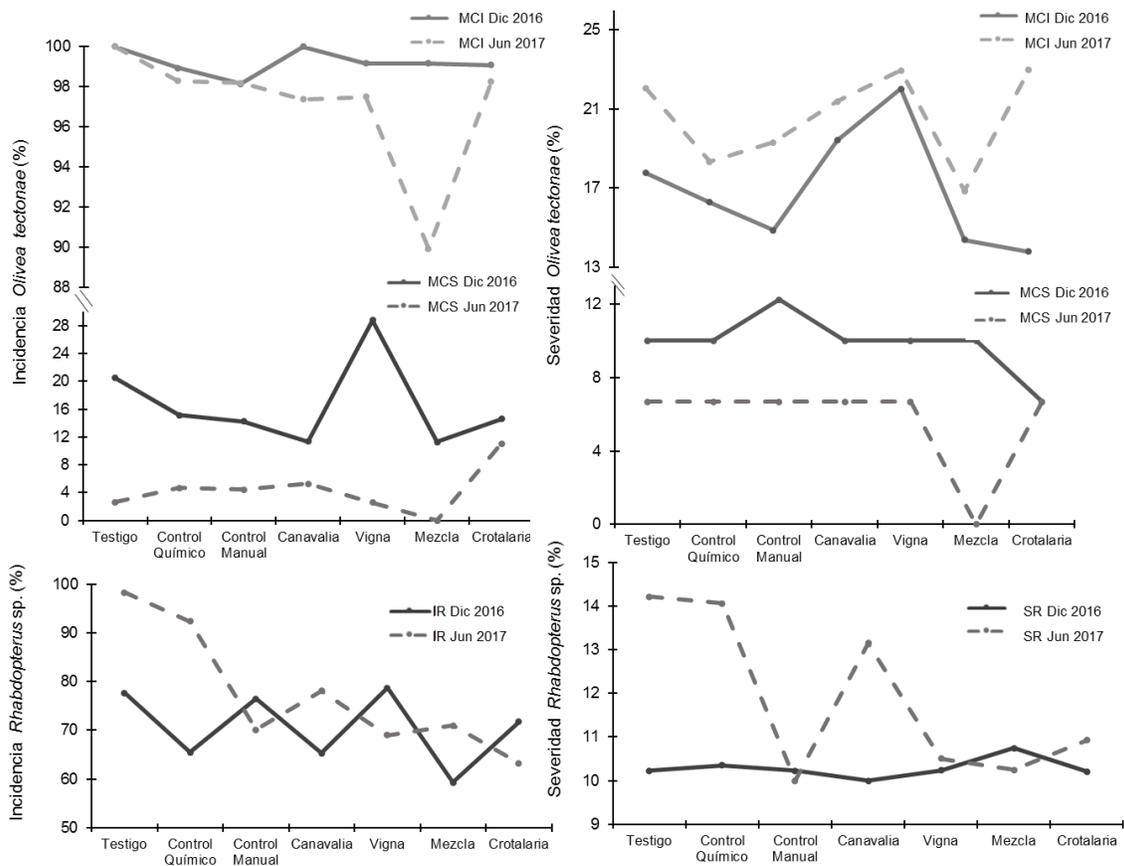


Figura 3. Incidencia y severidad de *Olivea tectonae* y *Rhabdopterus sp.* en plantaciones de *Tectona grandis* según tratamiento de coberturas. Puntarenas, Costa Rica.

Nota: MCI, Mitad Copa Inferior; MCS, Mitad Copa Superior; IR, Incidencia *Rhabdopterus sp.*; SR, Severidad *Rhabdopterus sp.*

Con respecto al ataque de *Rhabdopterus sp.* se observa que la severidad fue muy baja para todos los tratamientos en la primera medición, cuando los árboles tenían seis meses, lo cual puede reducir los riesgos de muerte en el primer año de establecimiento. Se visualiza en la figura 1, que la incidencia y la severidad para las dos mediciones (diciembre de 2016 y junio de 2017) y en todos los tratamientos

varía entre 59,25 – 78,73 %, 63,26 -98,33 %, 10,00 – 10,74 % y 10,00 y 14, 21, respectivamente. (Figura 3).

A pesar de las observaciones anteriores, ninguna interacción fecha-tratamiento resultó significativa. Así, el componente interacción fue removida de los modelos, permitiendo evaluar solo los efectos principales (Cuadro 2). Por su parte, la evaluación del efecto de los tratamientos, ninguno evidenció respuestas significantes en severidad e intensidad del ataque de los patógenos; sólo en algunos casos en la fecha de evaluación. Esto es en la variable Severidad de *Olivea tectonae* en MCS ($P < 0.0001$), Severidad de *Olivea tectonae* en MCI ($P = 0.0167$), Severidad de *Rhabdopterus* sp. ($P = 0.0013$) e Incidencia de *Olivea tectonae* en MCS ($P = 0.0027$).

Cuadro 2. Significancia de factores para la severidad e incidencia de los agentes *Olivea tectonae* y *Rhadbopterus* sp. evaluado en la copa de *Tectona grandis*.

Tipo de evaluación	Agente	Porción de la copa	Distribución de variable	Factor	Probabilidad	
Severidad (IPS)	<i>Olivea tectonae</i>	MCS	Poisson	Fecha	<0.0001	
				Tratamiento	0.0961	
		MCI	Gamma	Fecha	0.0167	
				Tratamiento	0.2463	
	<i>Rhadbopterus</i> sp.			Poisson	Fecha	0.0013
				Tratamiento	0.0829	
Incidencia (I)	<i>Olivea tectonae</i>	MCS	Normal	Fecha	0.0027	
				Tratamiento	0.8562	
		MCI	Normal	Fecha	0.1406	
				Tratamiento	0.5661	
	<i>Rhadbopterus</i> sp.			Normal	Fecha	0.2423
				Tratamiento	0.4288	

Notas: los valores en “**negrita**” son significativos. MCI, Mitad Copa Inferior; MCS, Mitad Copa Superior.

Hay escasa información sobre el efecto de coberturas en el comportamiento de plagas en cultivos y lo existente se refiere básicamente a cultivos agrícolas. Schipanski *et al.* (2014), crearon un marco para evaluar los servicios ecosistémicos

proporcionados por coberturas en agroecosistemas. Ellos indicaron que específicamente en el campo de las plagas, existen incertidumbres en la estimación de los efectos de esta práctica en la dinámica insectos-plaga. Bachie (2011), en cultivos de hortalizas, tampoco encontró relación entre coberturas y el comportamiento de las plagas estudiadas, pero indica que promueven el crecimiento de poblaciones de parasitoides de dichas plagas.

Por su parte, Lundgren y Fergen (2011), indican que, en cultivos de maíz, las coberturas redujeron las poblaciones de la plaga subterránea *Diabrotica virgifera*, al aumentar las poblaciones de sus depredadores. En el caso de cultivos de la palma aceitera, Giller y Fairhurst (2012) en Malasia y Arango *et al.* (2011) en Colombia, indican que las coberturas de leguminosas reducen la incidencia de plagas y de insectos vectores de importantes enfermedades, ya que este tipo de coberturas controla el desarrollo de malezas de gramíneas, en las cuales estos insectos desarrollan parte de su ciclo de vida. Al respecto, hay que mencionar que en estado larval, las especies de *Rabdopterus* se alimentan de las raíces más finas de gramíneas (Muñoz 2002, Arguedas et al 2013,).

Distribución por categorías de severidad

La mayoría de los árboles afectados por el ataque de *O. tectonae* en la MCS se encontró en la Categoría de Severidad A (Figura 4). A excepción sólo de la primera medición para el Control Manual, en que un 6 % de los árboles se encontró en la Categoría de Severidad B y para la segunda medición para Mezcla que no habían árboles enfermos. En la MCI, se presentaron más árboles en otras categorías, pero los mayores porcentajes se encuentran en la A, cuyos porcentajes oscilan entre 46% y 84%; solamente para el Testigo (segunda medición) y para *V. radiata* (segunda medición), el porcentaje de árboles en la Categoría de Severidad B, es levemente superior al de la A (Figura 4). Además, se observa que, para todos los tratamientos en la segunda medición, el porcentaje de árboles en la Categoría de Severidad A siempre disminuye, lo que indica que la severidad de la enfermedad aumentó en seis meses.

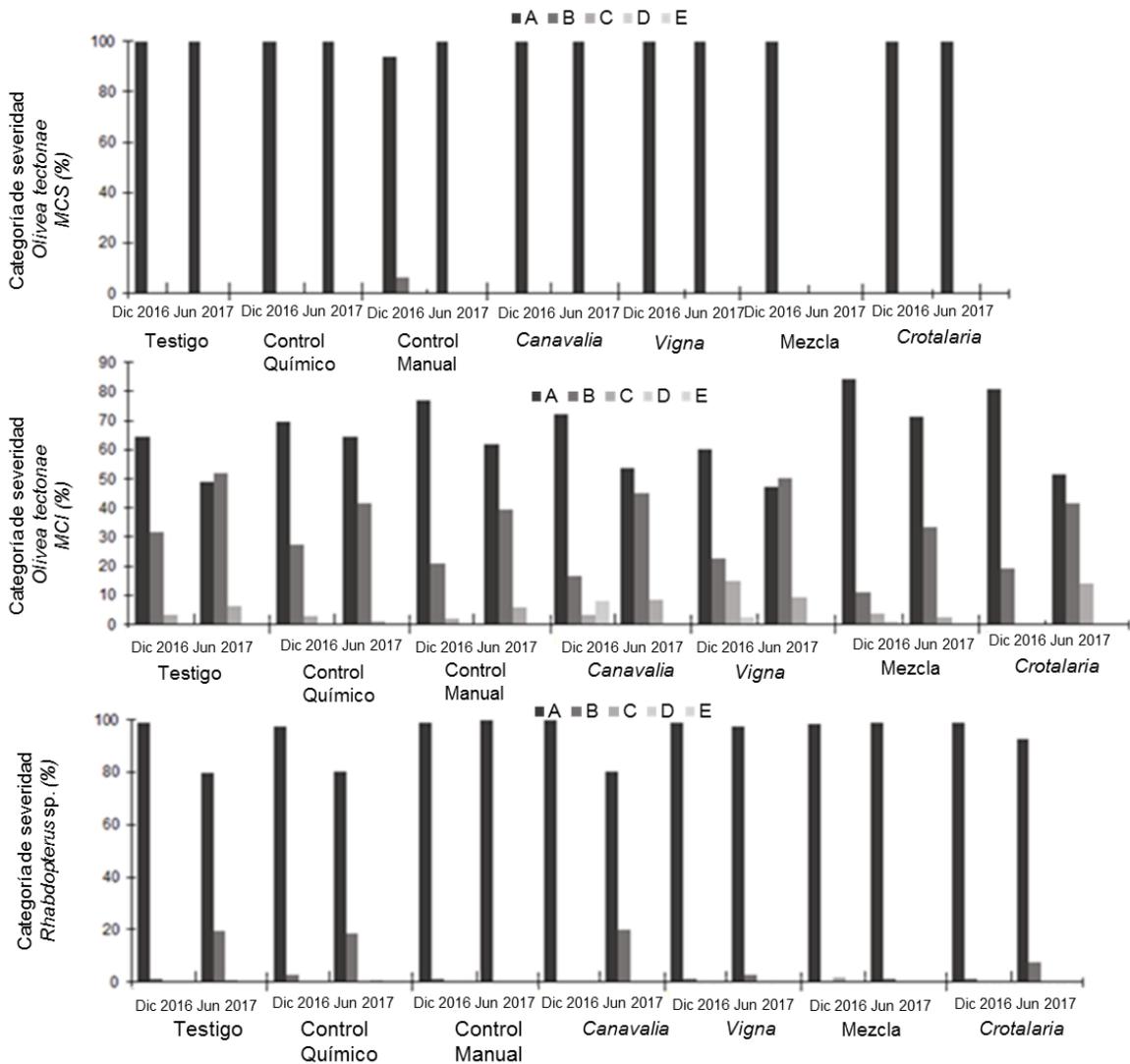


Figura 4. Distribución por categorías de severidad de *Olivea tectonae* (MCI, Mitad Copa Inferior; MCS, Mitad Copa Superior) y *Rhabdopterus* sp. en plantaciones de *Tectona grandis* según tratamiento de coberturas y fecha de evaluación. Puntarenas, Costa Rica.

Con respecto al ataque de *Rhabdopterus* sp., el comportamiento es similar al de *O. tectonae* MCS (Figura 4); el porcentaje para los diferentes tratamientos varió

entre 80y 100 % para la Categoría de Severidad A y entre 0 y 20 % para la categoría B.

Se confirma que ambas plagas se presentan en edades tempranas lo que podría afectar el crecimiento, tal como reporta Arguedas et al (2013).

CONCLUSIONES

Respecto a la incidencia y severidad de las dos plagas evaluadas, ninguna interacción resultó significativa, la respuesta a cada tratamiento solo puede expresarse en una media general del experimento. La única diferencia encontrada fue por fecha de evaluación para las variables Severidad *O. tectonae* (MCS y MCI) e Incidencia de *O. tectonae* (MCS) y Severidad de *Rhabdopterus* sp.; para las variables Incidencia de *O. tectonae* (MCI) e Incidencia de *Rhabdopterus* sp., la respuesta media corresponde a la respuesta general del experimento, sin diferenciación estadística entre fecha y tratamientos. Ello indica que las coberturas no afectaron la incidencia y la severidad de las dos plagas evaluadas.

Lo anterior también indica que no hay diferencias entre la Incidencia y la Severidad de *O. tectonae* con respecto a la Mitad de la Copa Superior (MCS) y la Mitad de la Copa Inferior (MCI), por lo que no se recomienda dividirla de esta forma para futuras evaluaciones.

Esta alta variabilidad de resultados sugiere respuestas poco consistentes, lo que se podría mejorar en un ensayo con mayor número de repeticiones y menor cantidad de tratamientos.

Con respecto a la distribución por categorías de severidad, para *O. tectonae* en MCS, a excepción del Control Manual, todos los individuos enfermos se encuentran en la categoría A; en MCI sí hay individuos en otras categorías, pero siempre predominan aquellos que se encuentran en la A. Para *Rhabdopterus* sp.,

también hay una gran incidencia de individuos en la Categoría A, lo que puede considerarse que las severidades son leves.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica por el financiamiento de este proyecto y a American Reforestation Company por su apoyo.

LITERATURA CITADA

Arango, M; Sierra, L; Aldana, R y Martínez, G. 2011. Efecto de la aplicación de insecticidas y herbicidas en el desarrollo de la Marchitez letal de la palma de aceite en el Bajo Upía, Casanare. *Palmas* 32(1), 1123.

Arauz, F. 1998. *Fitopatología: un análisis agroecológico*. San José, CR, EUCR. 469 p.

Arguedas, M. 2004. La roya de la teca *Olivea tectonae* (Rac.): consideraciones sobre su presencia en Panamá y Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 1(1), 96-102.

Arguedas, M; Cannon, P; Wingfield, M; Montenegro, F. 2013. Principales riesgos fitosanitarios en las plantaciones de teca. *In* de Camino R. y Morales JP. (Eds.). *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Cartago, CR: FAO-CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico n° 397. p. 134-157.

Arguedas, M; Murillo, O; Ayuso, F; Madrigal, O. 2006. Variación en la resistencia de clones de teca (*Tectona grandis* L.f.) ante la infección de la roya (*Olivea tectonae* Rac.) en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 2(6): 10 p. Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/revistakuru/anteriores/anterior6/Articulo%202.htm>

- Bachie, O. 2011. Interdisciplinary Pest Management Potentials of Cover Cropping Systems. Tesis. Ph.D. California, US, University of California Riverside. 133 p.
- Boley, J; Drew, A; Andrus, R. 2009. Effects of active pasture, teak (*Tectona grandis*) and mixed native plantations on soil chemistry in Costa Rica (en línea). *Forest Ecology and Management* 257: 2254-2261.
- Booth, R.G., M.L. Cox y R.B. Madge. 1990. 3. IIE Guides to insects of importance to man. 3. Coleoptera. Internacional Institute of Entomology. The Natural History Museum. UK, p. 140-142.
- CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International, UK). 2017. Invasive Species Compendium. *Olivea tectonae* (teak rust). Wallingford, UK: CAB International. Disponible en <https://www.cabi.org/isc/datasheet/37304>
- Cabral, PGC; Capucho, AS; Pereira, OL; Maciel-Zambolim, E; Freitas, RL; Zambolim, L. 2010. **First report of teak leaf rust disease caused by *Olivea tectonae* in Brazil.** *Australasian Plant Disease Notes* 5(1): 113-114.
- Cibrián, D; Arguedas, M. 2007. Roya de la teca *Olivea tectonae* (T.S. Ramakr. & K. Ramakr.) Thirum. (Uredinales, Chaconiaceae). *In* Cibrián, D. (Ed.) *Enfermedades Forestales en México*. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. p. 206-207.
- Couto, A; Alves, F; Gonçalves, R; Coelho, R. 2007. Isolamiento de Fungus Fitopatoênicos. *In* Couto, A. y Gonçalves, R. (Eds.). *Métodos em Fitopatologia*. Viçosa, BR, Universidade de Viçosa. p. 53-91.
- De Camino, R; Morales, JP. 2013. La teca em América Latina. *In* *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Turrialba, Costa Rica. p. 30-41.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2005. Teak rust (*Olivea tectonae*) is spreading in America. Paris, FR, EPPO. Reporting Service No. 8. p.10.
- FSC (Forest Stewardship Council, DEU). 2015. Lista de pesticidas “altamente peligrosos del FSC”. FSC-STD-30-001a ES. Bonn, DEU, FSC International Center. 22 p.

- Giller, K; Fairhurst, T. 2012 Plantas leguminosas de cobertura. *In* Fairhurst, T. y Hardter, R. (Eds.). *Palma de Aceite: Manejo para Rendimientos Altos y Sostenibles*. Georgia, USA, International Plant Nutritional Institute (IPNI) y International Potash Institute (IPI). p. 173-184.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario: Cultivo Agrícolas, Forestales y Ornamentales. San José, Costa Rica. 285 p.
- Jabran, K; Mahajan, G; Sardana, V; Chauhan, BS. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection* 72(0): 57-65.
- Keogh, M. 2013. La teca y su importancia económica a nivel mundial. En R. de Camino & J. P. Morales (Eds.), *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Cartago, Costa Rica: FAO-CATIE. *Serie Técnica. Informe Técnico n° 397 (pp. 8-28)*.
- Kollert, W.; Kleine, M. 2017. The Global Teak Study. Analysis, Evaluation and Future Potential of Teak Resources. IUFRO World Series Volume 36. Vienna. 108 p.
- Ladrach, W. 2010. Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtrópico. Cartago, CR, Editorial Tecnológica. 660 p.
- Lundgren, JG; Fergen, JK. 2011. Enhancing predation of a subterranean insect pest: a conservation benefit of winter vegetation in agroecosystems. *Appl. Soil Ecol.* 51: 9–16.
- Matarrita, L; Sandoval, J; Arguedas, M. 2006. Prevalencia de la roya *Olivea tectonae* (Rac.) de la teca (*Tectona grandis* L.f.)(en línea) *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 3(9): 13 p. Disponible en: <http://www.itcr.ac.cr/revistakuru/anteriores/anterior9/Articulo%202.htm>
- Mesquita, JB; dos Santos, ITBF; Ribeiro, GT; Campos dos Santos, MJ. 2016. Ocorrência de ferrugem (*Olivea neotectonae*) em plantas de teca no estado de Sergipe. *Summa Phytopathologica* 42 (3): 278-279.

- Montagnini, F. 2004. Plantaciones forestales con especies nativas: una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales. *Recursos Naturales y Ambiente* 43:28-35.
- Moya, R; Bond, B; Quesada-Pineda, H. 2014. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. *Wood Sci. Technol.* (48) 411–433.
- Muñoz, R. 2002. Estudios básicos del defoliador *Rhabdopterus* sp. en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) de Flor y Fauna S.A. y Brinkman y Asociados Reforestadores de Centroamérica S.A. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, CR, ITCR. 100 p.
- Pérez, M; López, MO; Martí, O. 2008. *Olivea tectonae*, leaf rust of teak, occurs in Cuba. *New Disease Reports.* 17: 32.
- SAS-Institute Inc. 2000. SAS/STAT User's Guide, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schipanski, ME; Barbercheck, M; Douglas, MR; Finney, DM; Haider, K; Kaye, JP; Kemanian, AR; Mortense, DA; Ryan, MR; Tooker, J; White, C. **2014. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems.** *Agricultural Systems* 125: 12-22.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2003. Keys to Soil Taxonomy. Natural Resources Conservation Service. Washington DC, USA. 332 p.

Resultados Objetivo específico 4

El control manual de malezas fue el tratamiento más barato seguido del control con los cultivos de cobertura *C. juncea*, *V. radiata* y la mezcla. A pesar de que los costos de mano de obra en el control químico fueron mucho menores, el precio de los materiales (equipo de aplicación, herbicida y equipo de seguridad) incrementa el costo total.

Como se puede observar en el cuadro 1 la labor de establecimiento de las coberturas es la actividad que demanda mayor tiempo (jornales) por hectárea. La densidad de siembra y el cubrir todo el terreno con las coberturas hizo que esta actividad tenga un costo de mano de obra elevado.

Un resultado importante y que no se reporta en la literatura ni se había contemplado originalmente es el mantenimiento que se le deben realizar a los cultivos de cobertura. A pesar de que se utilizaron especies con hábitos más rastreros y arbustivos siempre se tuvo que realizar actividades de mantenimiento como los son las rodajas. Por tal motivo se desarrolló un escenario en donde los cultivos de cobertura fueran solo sembrados en la línea de siembra (cuadro 2).

En este nuevo escenario se puede observar donde los costos de establecimiento y manejo de las especies es considerablemente menor comparado a usarlas en todo el sitio de plantación.

Cuadro 1. Costos de los distintos tratamientos ejecutados para el control de malezas en una plantación recién establecida de teca.

Tratamiento	Mano de obra			Frecuencia de aplicación	Materiales				COSTO TOTAL (colones/ha)
	Productividad (J/ha)	Costo jornal	Costo mano de obra		Unidad	Precio unitario	Cantidad	Costo	
Control manual									
Rodajea	2,08		83705,44	4				5000	
Chapea general	1	10060,75	20121,5	2					
Subtotal tratamiento			103826,94					5000	€108.826,94
Control Químico									
Rodajea química	1,04		31389,54	3		90000		90000	
Chapea general	1	10060,75	10060,75	2				5000	
Subtotal tratamiento			41450,29					95000	€136.450,29
Canavalia ensiformis									
Siembra de semilla	8	10060,75	80486	1	kg	4500	20	90000	
Rodajea	2,08		41852,72	2					
Subtotal tratamiento			122338,72					90000	€212.338,72
Vigna radiata									
Siembra de semilla	8	10060,75	80486	1	kg	2000	10	20000	
Rodajea	2,08		20926,36	2					
Subtotal tratamiento			101412,36					20000	€121.412,36
Mezla									
Siembra de semilla	8		80486	1	kg	2000	10	20000	
Rodajea	2,08	10060,75	20926,36	2					
Subtotal tratamiento			101412,36					20000	€121.412,36
Crotalaria juncea									
Siembra de semilla	8		80486	1	kg	4000	5	20000	
Rodajea	2,08	10060,75	20926,36	2					
Subtotal tratamiento			101412,36					20000	€121.412,36

Cuadro 2. Costos de los distintos tratamientos ejecutados para el control de malezas en una plantación recién establecida de teca utilizando los cultivos de cobertura solo en la línea de siembra.

Tratamiento	Mano de obra			Frecuencia de aplicación	Materiales				COSTO TOTAL (colones/ha)
	Productividad (J/ha)	Costo jornal	Costo mano de obra		Unidad	Precio unitario	Cantidad	Costo	
Control manual									
Rodajea	2,08		83705,44	4				5000	
Chapea general	1	10060,75	20121,5	2					
Subtotal tratamiento			103826,94					5000	₡108.826,94
Control Químico									
Rodajea química	1,04		31389,54	3		90000		90000	
Chapea general	1	10060,75	10060,75	2				5000	
Subtotal tratamiento			41450,29					95000	₡136.450,29
Canavalia ensiformis									
Siembra de semilla	2,6		26157,95	1	kg	4500	7	31500	
Rodajea	2,08	10060,75	41852,72	2					
Chapea general	1		20121,5	2					
Subtotal tratamiento			88132,17					31500	₡119.632,17
Vigna radiata									
Siembra de semilla	2,6		26157,95	1	kg	2000	4	8000	
Rodajea	2,08	10060,75	20926,36	2					
Chapea general	1		20121,5	2					
Subtotal tratamiento			67205,81					8000	₡75.205,81
Mezcla									
Siembra de semilla	2,6		26157,95	1	kg	2000	4	8000	
Rodajea	2,08	10060,75	20926,36	2					
Chapea general	1		20121,5	2					
Subtotal tratamiento			67205,81					8000	₡75.205,81
Crotalaria juncea									
Siembra de semilla	2,6		26157,95	1	kg	4000	2	8000	
Rodajea	2,08	10060,75	20926,36	2					
Chapea general	1		20121,5	2					
Subtotal tratamiento			67205,81					8000	₡75.205,81

Resultados Objetivo específico 5 Transferencia de conocimientos

Como se mencionó con anterioridad en los informes de avance del proyecto, se decidió ampliar las actividades propuesta (Un taller demostrativo) a un mayor número de actividades que logran abarcar todo el público meta propuesto.

El proyecto concentró buena parte de las actividades en la proyección de resultados a nivel nacional como internacional. Algunos resultados se presentaron en conferencias internacionales y se realizaron tres publicaciones científicas que abarcaron todos los objetivos propuestos. Adicionalmente se organizaron talleres dirigidos a empresas y público en general a nivel nacional en el campo forestal (cuadro 3).

Es importante resaltar que producto de la organización de los talleres control de malezas en plantaciones forestales surgieron los primeros contactos con las comunidades involucradas en el plan piloto del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) conocido como Plantaciones para aprovechamiento forestal (PPAF). Es a partir de esas primeras conversaciones que este año se ha escrito un proyecto de extensión que busca fortalecer ese programa.

Cuadro 3. Actividades de extensión y capacitación realizadas durante el período de ejecución del proyecto

Actividad	Fecha
Taller: Uso correcto de herbicidas en plantaciones forestales. Conceptos básicos	24/10/2016
Taller: Control de malezas en plantaciones forestales: Conceptos básicos	30/03/2017 y 31/03/2017
Taller: Control de malezas en plantaciones forestales: Conceptos básicos.	26/09/17
Acompañamiento técnico en el proceso de incorporación de cultivos de cobertura en plantaciones de piña pertenecientes a The Fruit Farm Group.	Setiembre a la fecha
Participación con afiche informativo dentro del stand de Escuela de Ingeniería Forestal en la Feria Vive La Madera	3 al 5 Noviembre 2017

CONCLUSIONES

En esta sección se presentan las principales conclusiones del proyecto ordenadas por objetivo específico, así como recomendaciones y posibles temas a desarrollar para futuras investigaciones.

Para el objetivo específico 1 se concluye:

1. Los cultivos de cobertura utilizados tienen la capacidad de suprimir las malezas por lo que son efectivas como método alternativo de control.
2. Las especies leguminosas utilizadas no tuvieron un efecto negativo en el crecimiento de los árboles
3. Solo *Canavalia ensiformis* presentó un efecto significativo en el crecimiento de la altura de los árboles a los 6 meses de edad.

Para el objetivo específico 2:

1. No se evidenciaron diferencias en los niveles de carbono orgánico de suelo ni en materia orgánica en los diferentes tratamientos aplicados

Para objetivos específicos 3 y 4:

1. Los cultivos de cobertura utilizados no tuvieron un efecto negativo en la presencia de plagas y enfermedades.
2. No hubo diferencias significativas en los valores de incidencia y severidad para la plaga y enfermedad seleccionada
3. El costo del establecimiento de las coberturas fue mayor que el de los controles tradicionales.

Entre las principales recomendaciones se encuentran:

1. Utilizar cultivos de cobertura cobertura como controladores de arvenses en agro ecosistemas. Como se mostró en la sección de transferencia y divulgación de la información, no solo el sector forestal está interesado en implementar métodos alternativos de control de malezas
2. Combinar distintos métodos de control de arvenses y utilizar los cultivos de cobertura solo en la línea de los árboles para así abaratar sus costos de establecimiento y mantenimiento.

Producto de la ejecución del proyecto se generaron algunas interrogantes para poder desarrollarlas en futuras investigaciones. Algunas de ellas son:

1. Evaluar el efecto de la cobertura en plantaciones establecidas.
2. Utilizar técnicas de marcaje molecular para dar seguimiento a elementos como el N.
3. Evaluar cultivos de cobertura para el control de la erosión.
4. Evaluar el potencial de *C. ensiformis* como controlador de *Atta* sp. y *C. juncea* como controlador de nemátodos.
5. Evaluar el potencial de los cultivos de cobertura como alimento para animales y su posible comercialización

Las interrogantes 1, 3, y 5 son congruentes con la hoja de ruta del proyecto y se esperan desarrollar en proyectos futuros o a través de trabajos finales de graduación.

REFERENCIAS

Adams, P.R., Beadle, C.L., Mendham, N.J., Smethurst, P.J. (2003) The impact timing and duration of grass control of a young *Eucalyptus globulus* Labill. Plantation. *New Forests*, 26, 147-165.

Alfenas, A; Mafia, R. (2007). *Métodos en Fitopatología*. Viçosa, BR, Universidade de Viçosa. 382 p. Araúz, F. 1998. *Fitopatología: un análisis agroecológico*. San José, CR, EUCR. 469 p.

Arias, C. (1998). *Determinación de la efectividad del control de malezas con azadón, glifosato y fluazifop, para preparación de sitio en plantaciones forestales*. (Tesis inédita de licenciatura). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Arguedas, M. (2006a). Clasificación de tipos de daños producidos por insectos forestales. Primera parte. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 3(8), 1-6. Consultado en <http://www.itcr.ac.cr/revistakuru/anteriores/anterior8/index.htm>

Arguedas, M. (2006b). Clasificación de tipos de daños producidos por insectos forestales. Segunda parte. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 3(9), 1-7. Consultado en <http://www.itcr.ac.cr/revistakuru/anteriores/anterior9/index.htm>

Arguedas, M. (2008a). Clasificación de síntomas de enfermedades forestales. Primera parte. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 5(14), 1-6. Consultado en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior14/pdf/solucion%206.pdf

Arguedas, M. (2008b). Clasificación de síntomas de enfermedades forestales. Segunda parte. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 5(15), 1-7. Consultado en http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/solucion%206.html

Dhingra, O. D. Y V.

B. Sinclair. (1985). *Basic plant pathology methods*. CRC Press Inc., Florida.

Brust, J., Claupein, W., & Gerhards, R. (2014). Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. *Crop Protection*, 63(0), 1-8.

French, J.; Calvo, G.; Ramírez, O. (1994). Datos e Información Socioeconómica en Programas de Manejo Integrado de Plagas. Lecturas sobre manejo integrado de plagas. Programa de Agricultura Tropical Sostenible, Área de Fitoprotección, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 237. Turrialba, Costa Rica; pp 24 - 42.

Forest Stewardship Council. (2015). Lista de pesticidas altamente peligrosos del FSC.

Garau, A.M., Ghera, C.M., Lemcoff, J.H., Barañao, J.J. (2009). *New Forests*, 37, 251-264.

Guevara, M. (2011). Productividad y costos de la chapea mecanizada en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* en la zona norte de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 8(20).

Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., & Chauhan, B. S. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72(0), 57-65.

Ortiz, R. Fernández, O. León, O. Villalobos, E. (1995) Oil palm water status and soil nutrient contents as affected by mulching. *Indian Oil Palm Journal*. 5 (25), 7-14

Sanchol, F., Cervantes, C. (1997). El uso de plantas de cobertura en sistemas de producción de cultivos perennes y anuales en Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense*, 21(1), 111-120.

Shaner, D. L., & Beckie, H. J. (2014). The future for weed control and technology. *Pest Management Science*, 70(9), 1329-1339

Sima, S. 2010. Relación del suelo con el crecimiento inicial y contenido foliar de teca (*Tectona grandis*), y adaptación de leguminosas para control de arvenses bajo un sistema fertirriego en Campeche, México. (Tesis inédita de maestría). Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

ANEXOS

Anexo 1. Imágenes de las distintas coberturas y fase de establecimiento de las mismas



Anexo 2. Nota de prensa acerca del taller realizado en la zona sur de Costa Rica.

TEC

Tecnológico
de Costa Rica

Vicerrectoría de
Investigación y Extensión

Investigadores y extensionistas de Forestal ofrecieron taller a trabajadores de zona sur

- *Crearon conciencia sobre uso correcto del equipo de seguridad y la importancia de calibrar equipos para una aplicación eficiente*

En plantaciones forestales, el uso de herbicidas ha sido una técnica común para la eliminación y mantenimiento de malezas. Sin embargo, en muchas ocasiones no se realizan aplicaciones correctas, lo que lleva a un sobre uso del producto y a la ineficiencia en la operación.

Con base en los resultados del proyecto de investigación *Uso 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*, investigadores y extensionistas de la Escuela de Ingeniería Forestal decidieron realizar el taller *Uso correcto de herbicidas en plantaciones forestales: conceptos básicos*.

El taller se llevó a cabo hace dos semanas en la empresa *American Reforestation Company* (ARC), ubicada en la zona sur del país, y en la actividad se capacitaron 25 trabajadores e ingenieros de la compañía.

La actividad contó con el apoyo del Programa Aula Móvil, de CONARE, y con la participación de la representante del programa en el TEC, ingeniera María del Milagro González Calvo.

Anexo 3. Lista de participantes Taller: Control de malezas en plantaciones forestales: Conceptos básicos

Capacitación de Raleos de Plantaciones Forestales
Fecha 31-mar

Lugar: La Trinidad del Amparo

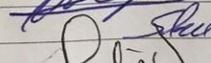
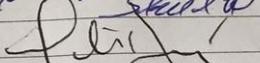
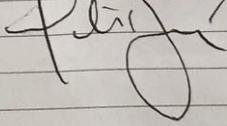
N°	Nombre Completo	Dirección	Teléfono	Correo Electrónico
1	Alvis Argueta Naranjo	La Virgen	50156880	(interesado)
2	Agustina Duarte M.	La Trinidad	24318027	
3	Juan Luis Rodríguez	La Trinidad	87297951	
4	J. Rodríguez González	La Trinidad	86571799	nlvis3006@gmail.com
5	Luis Navarro Alvarado	La Trinidad	87531761	
6	José Luis Obando	La Unión	61352035	
7	Luis Panigaglia	La Unión		
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

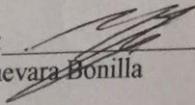
Anexo 4. Lista de participantes Taller: Control de malezas en plantaciones forestales: Conceptos básicos.

TEC | Tecnológico de Costa Rica

26 de Setiembre del 2017

AULA MÓVIL: CONTROL DE MALEZAS EN PLANTACIONES FORESTALES Y MARCADE DE RALEOS Y CUBICAJE DE MADERA

LISTA DE PARTICIPANTES		
	Nombre	Firma
1	José Luis Miranda M.	 869429417
2	Carol Rodríguez Irola	Karol R 83403485
3	Marjano Sibaja Miranda	 85106394
4	Felipe Rojas Ch	
5	Edwin Sibaja Miranda	
6	Yadir Sibaja Miranda	
7	Cristian Díaz Quereza	
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Recibido: 
Mario Guevara Bonilla

Anexo 5. Carta de agradecimiento al acompañamiento técnico en el proceso de incorporación de cultivos de cobertura en plantaciones de piña pertenecientes a The Fruit Farm Group.



La Unión de San Jose del amparo, 29 de septiembre de 2017.

Srs. Escuela de Ingeniería Forestal.
Instituto tecnológico de Costa Rica.

Por medio de la presente y en representación de Agrovicces S.A; Monte La Providencia S.A. y The Fruit Farm Group Costa Rica S.A. realizo el respectivo agradecimiento por el apoyo brindado, en nuestro proyecto de desarrollo de cultivos de cobertura, para plantaciones comerciales de piña para la exportación; ya que en la persona del Ing. Mario Guevara, hemos encontrado un importante apoyo para el proyecto mediante el intercambio de información y soporte técnico.

Quedo atento a cualquier otra posibilidad de apoyo y abiertos a participar en futuros proyectos con estudiantes que se puedan desarrollar en nuestras fincas

Agradeciendo de antemano, la ayuda prestada a la misma, me despido Cordialmente.

Luis Valenciano P.

Quality and Commercial Operations

Tel + 506 2239-8439 / M +506 8314-5231 / F + 506 2239-8438 ext 102



Member of the THE FRUIT FARM Group

Address | Apdo 298-4005 San Antonio de Belén | Costa Rica

www.thefruitfarmgroup.com