

Efectos inhibidores de crecimiento producidos por el ciprés, *Cupressus lusitanica* (Cupressaceae), en el Bosque de La Hoja, Heredia, Costa Rica

Daniela Barquero-Salgado^{1,2}, Daniel Ramírez-Arce^{1,3}, Alexander Araya-Vargas^{1,4} & Marco Villalobos^{1,5}

1. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma, Heredia, Costa Rica;
2. danibs08@hotmail.com
3. tony14-10-11@hotmail.com
4. alexaqua66@gmail.com
5. villamarco85@gmail.com

Recibido 09-X-2013 • Corregido 11-XII-2013 • Aceptado 19-II-2014

ABSTRACT

Growth inhibitory effects produced by the cypress, *Cupressus lusitanica* (Cupressaceae) in Bosque de La Hoja, Heredia, Costa Rica.

In Costa Rica, *Cupressus lusitanica* is an introduced tree that may produce negative effects in the plants surrounding it. This study sought to compare light, soil humidity and acidity provided by cypress trees and the effect on the distribution and growth of pioneer and dicotyledonous plants around them in El Bosque de la Hoja, Heredia Province, Costa Rica. There were no differences in soil moisture and acidity at different distances from a cypress tree (acidity was similar to native forest). Monocotyledonous plants grow closer to cypress than dicotyledonous plants, particularly in parts that receive more light, suggesting an allelopathic effect that requires light as a catalyst. Although *C. lusitanica* could alter the light environment and the soil acidity and moisture, these negative effects could be countered with appropriate management.

KEY WORDS

Cupressus lusitanica, soil moisture, soil acidity, special distribution, monocot plant, dicot plant.

RESUMEN

En Costa Rica, *Cupressus lusitanica* es un árbol introducido que puede causar efectos negativos a las plantas nativas coexistentes. En este estudio comparamos el ambiente lumínico, la humedad y acidez del suelo relacionadas con la presencia de los árboles de ciprés y su efecto sobre la distribución de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas vecinas en el Bosque de la Hoja, Costa Rica. No hubo diferencia en la humedad y acidez del suelo a diferentes distancias de la base del ciprés. (la acidez fue similar a la de un bosque nativo). Plantas monocotiledóneas crecen más cerca del ciprés que las dicotiledóneas, particularmente en partes con mayor luminosidad, sugiriendo que existe un efecto alelopático, a la función de este como un fenómeno fotodinámico, el cual requiere luz como catalizador. Aunque las plantaciones de *C. lusitanica* pueden alterar el ambiente lumínico, la humedad y pH del suelo, estos efectos pueden eliminarse con un manejo adecuado.

PALABRA CLAVE

Cupressus lusitanica, humedad del suelo, acidez del suelo, distribución espacial, monocotiledónea, dicotiledónea.

El ciprés (*Cupressus lusitanica*) es una de las especies forestales más utilizadas para la reforestación de las zonas altas (entre los 1 000 y 2 500 m.s.n.m) de Costa Rica, no solamente debido al gran potencial de su madera, sino también por su alta capacidad de adaptación (Murillo, Hernández & Murillo, 1996; Araya, 2005). Aunque el ciprés es altamente utilizado en la industria, hay una gran controversia acerca de los posibles efectos que puede producir este en el ambiente (Lines & Fournier, 1979; Murillo et al., 1996, Chaverri, Zamora, Aguilar & Gutiérrez, 1998), siendo una de las mayores preocupaciones el

efecto que puede tener en las propiedades del suelo y en la diversidad de otras plantas (Cavelier & Tobler, 1998).

Existe la creencia de que las plantaciones forestales de coníferas causan un impacto negativo en la humedad del suelo (Villegas, 2004). Aunque esto no ha sido completamente comprobado, un estudio de Gonzaga (1993) demuestra una menor cantidad de humedad en el suelo donde se encuentran las plantaciones de ciprés, en comparación con el suelo de una vegetación natural de rastrojo y de plantaciones de pino. Asimismo algunas investigaciones sugieren que el ciprés consume gran

cantidad de agua durante su crecimiento, lo que disminuye el rendimiento hídrico del suelo (Tobón, 1989; Chacón, 1997). Además, se tiene la creencia de que las raíces del ciprés introducen fenoles que colaboran con la acidificación del suelo (Tobón, 1989; Chacón, 1997).

Por otra parte el ciprés también puede alterar el ambiente lumínico debajo de este, ya que debido a la cobertura foliar, el ambiente bajo la plantación de ciprés tiende a ser sombrío si no lleva a cabo un manejo adecuado. Feyera, Beck y Lüttge (2002) y Lemenih, Gidyew y Teketay (2004) mencionan que el ciprés mantiene un ambiente con menos luz y menor temperatura del aire y del suelo, en comparación a otras especies forestales, lo que lleva a una regeneración menor en las especies de sotobosque. Sin embargo otros autores mencionan que esto se debe solamente al tipo de siembra de los cipreses, ya que un con un manejo forestal adecuado (por ejemplo sembrados los árboles a distancias de 3m x 2m entre sí) se promueve una gran regeneración de otras plantas (Morales & Lange, 2009).

Además algunas investigaciones llevadas a cabo en condiciones de laboratorio sugieren un efecto alelopático por parte del ciprés en la germinación de semillas y crecimiento de ciertas especies vegetales (Lines & Fournier, 1979; Lisanewok & Michelsen, 1993; López, Rodríguez, San Miguel & González, 2011), por lo que algunos científicos recomiendan no usar esta especie en plantaciones forestales (Lisanewok & Michelsen, 1993). Por el contrario, otros estudios han demostrado que el ciprés pueden ayudar a crear un ambiente adecuado para la regeneración del bosque (Chaverri et al., 1998; Senbeta & Teketay, 2001; Yirdaw, 2001; Feyera et al., 2002), ayudando a la restauración de los suelos en sitios abandonados (Lemenih, Olsson & Karlton, 2004), siempre y cuando haya un manejo forestal de la plantación de ciprés (Senbeta & Teketay, 2001; Feyera et al., 2002), no obstante el uso de prácticas de manejo adecuadas es reciente (Guariguata, 1998).

Debido a la controversia que existe en relación al posible efecto negativo que causan las plantaciones de ciprés en la vegetación autóctona, sugiriendo que este causa efectos que podrían inhibir el establecimiento de plántulas nativas o acelerar el proceso de degradación en el suelo (Richter, Markewitz, Trumbore & Wells, 1999; Araya, 2005); la reforestación con esta especie ha llegado a ser poco aceptado (Hofstede, 1997). Por este motivo, con este trabajo se pretende comparar las condiciones lumínicas, de humedad y de acidez proporcionadas por los árboles de ciprés y su efecto sobre la distribución de plantas bajo los doseles de los mismos

(monocotiledóneas y dicotiledóneas) en la plantación de ciprés del Bosque de la Hoja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El trabajo se realizó en la finca Bosque de la Hoja (Las Chorreras, San Rafael de Heredia, Costa Rica: 10°03'45.77"N y 84°05'38.19"W), la cual se encuentra a 1740m.s.n.m. Posee una temperatura ambiental promedio de 20,8°C, una temperatura promedio del suelo de 13°C y una humedad relativa promedio de 50%. El área de estudio presenta una plantación de *C. lusitanica* de aproximadamente 90 años, la cual constituye un mosaico con la vegetación producto de una sucesión secundaria (Araya, 2005).

La finca Bosque de la hoja pertenece a la municipalidad de Heredia y posee fines turísticos y recreacionales, por lo que es importante mencionar que la plantación de ciprés de dicha propiedad no fue planeada con fines comerciales sino más bien como planta ornamental. Por lo que no se estableció bajo ningún diseño forestal y no se realizó ningún manejo forestal en la misma (Araya, 2005). Para el 2005 de las 45 hectáreas que posee el área de la finca, 18 hectáreas estaban ocupadas por árboles de ciprés (Araya, 2005).

Metodología: Se escogieron treinta árboles de *Cupressus lusitanica* en la parte central de la plantación de coníferas del Bosque de la Hoja; quince de estos se encontraban en zonas cercanas a los claros del bosque, condición que permite una mayor entrada de luz al suelo (se calificaron como cipreses en zona de alta intensidad lumínica) y los quince restantes fueron árboles que se encontraban en el interior de la plantación de ciprés en zonas con alta cobertura foliar donde no existían claros de bosque, por lo que estas interceptan a mayor parte de la luz (se calificaron como cipreses en zona de baja intensidad lumínica).

En cada uno de los 30 árboles de ciprés se midió en línea recta la distancia hasta donde crecían la planta monocotiledónea y la planta dicotiledónea (con crecimiento secundario) más cercana en cualquier dirección alrededor de la base. Por otra parte, caracterizamos el ambiente lumínico de esta plantación mediante un muestreo donde se midió la intensidad lumínica con un fotómetro Apogee BQM bajo tres cipreses de zona de alta intensidad lumínica para obtener un promedio y se repitió el procedimiento bajo tres árboles de ciprés en zonas de baja intensidad lumínica. Para comparar las diferencias entre las distancias de crecimiento en estos dos grupos

de plantas se aplicaron dos test de Wilcoxon, uno en la zona de alta intensidad lumínica y el segundo en la zona de baja intensidad lumínica. Además se aplicó una prueba de Kolmogorov-Smirnov, para determinar diferencias entre las densidades de las plantas dicotiledóneas y monocotiledóneas. Para estas pruebas se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV versión 15.1.02 (2006) y STATISTICA Six sigma versión 7 (2007).

Por último se midió la humedad del suelo con un higrometro de suelos Aquaterr M300 en la base, a 50cm y a 100cm de cuatro árboles de ciprés escogidos aleatoriamente en zona de alta intensidad lumínica y en cuatro árboles también escogidos al azar en zona de baja intensidad lumínica. Además se tomaron muestras de suelo a 15cm de profundidad a las mismas distancias y bajo los mismos árboles donde se midió la humedad. Las muestras de suelo recolectadas se empaquetaron en bolsas plásticas herméticas y se llevaron en una hielera a un laboratorio en la Universidad Nacional de Costa Rica para medir su pH de acuerdo con Duchaufour (1975), con un pH-metro Thermo Orion 261S. A los datos se les aplicó un análisis de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de humedad y la acidez del suelo entre a las diferentes distancias donde se midieron los factores. Para realizar

estas pruebas también se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV versión 15.1.02 (2006) y STATISTICA Six sigma versión 7 (2007).

RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas entre las medianas de las distancias de las plantas monocotiledóneas ($M_e=11,8\pm 1,77$) y las dicotiledóneas ($M_e=20,3\pm 2,74$) con respecto a la base del ciprés en la zona de baja intensidad lumínica ($W=39$, g.l.=29, $p>0,05$) (Fig. 1). Sin embargo, las plantas dicotiledóneas presentaron una diferencia significativa en cuanto a la distancia con respecto al ciprés en la zona de alta intensidad lumínica, efecto que no se notó en las monocotiledóneas ($F=5,40$, g.l.=1, 56, $p<0,05$) (Fig. 2).

En lo que respecta a las variables del suelo, no se encontraron diferencias significativas entre las medianas del pH y el porcentaje de humedad del suelo a 100cm, 50cm y en la base del ciprés ($H=2,35$; gl: 2,6; $p>0,05$ y $H=2,22$; gl=2,6; $p>0,05$, respectivamente), sin embargo se encontró un gradiente de disminución de la acidez y un aumento en la humedad del suelo conforme

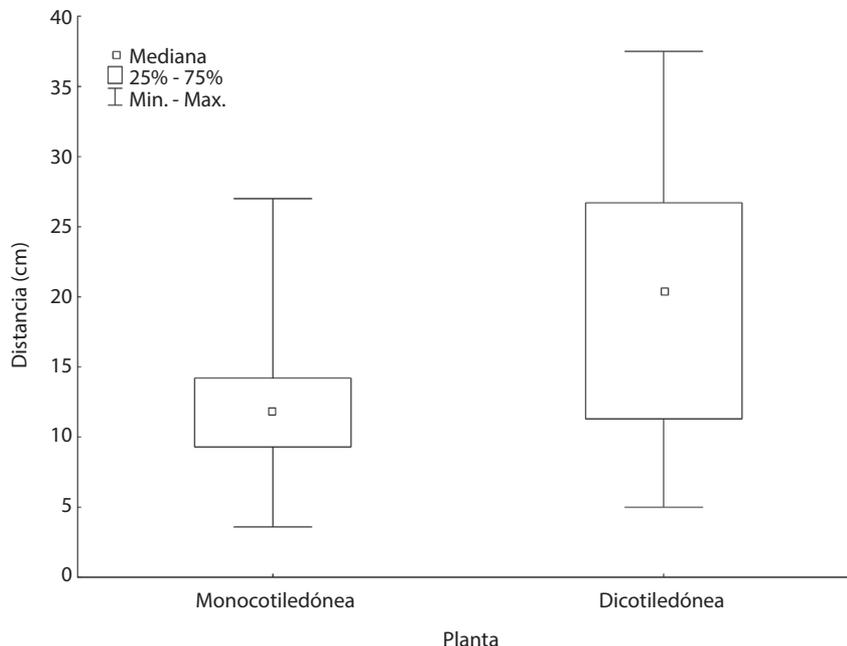


Fig. 1. Medianas ($M_e=11,8\pm 1,77$ y $M_e=20,3\pm 2,74$) de las distancias de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas con respecto a la base del árbol de *Cupressus* sp. en baja intensidad lumínica, en el Bosque de la Hoja, San Rafael de Heredia, Costa Rica

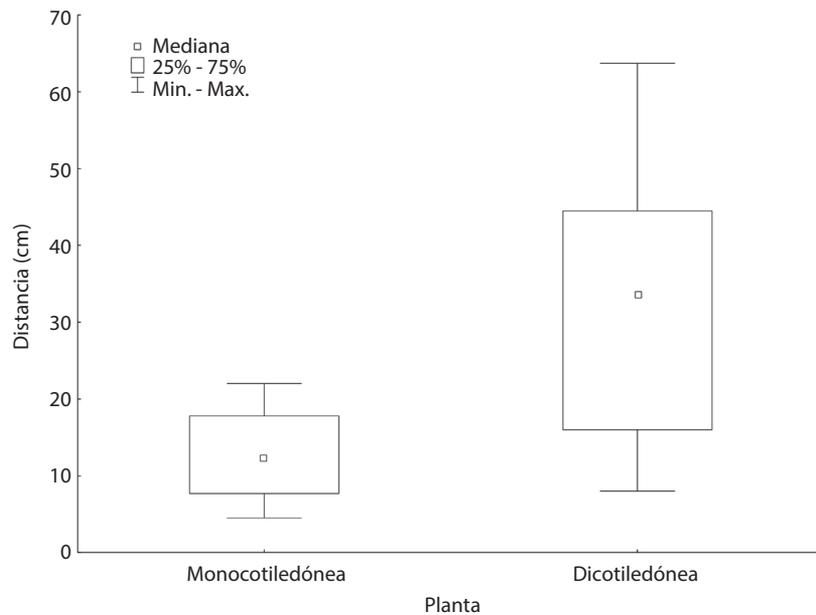


Fig. 2. Medianas ($Me=12,5\pm 1,47$ y $Me=33,4\pm 4,40$) de las distancias de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas con respecto a la base del árbol de *Cupressus* sp. en baja intensidad lumínica, en el Bosque de la Hoja, San Rafael de Heredia, Costa Rica.

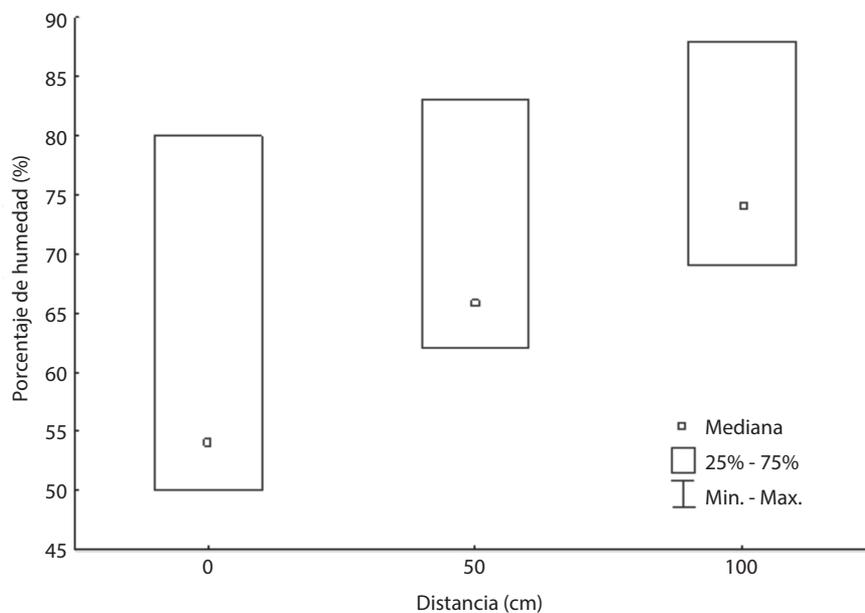


Fig. 3. Medianas ($M_e=54\pm 9,40$, $M_e=66\pm 6,44$ y $M_e=74\pm 5,69$) del porcentaje de humedad a tres distancias de la base del árbol de ciprés, en el Bosque de la Hoja, San Rafael de Heredia, Costa Rica.

se aumentaba la distancia desde la base del árbol (Fig. 3 y 4). El promedio de pH encontrado en la plantación de ciprés fue de 5,41, mientras que el promedio de humedad relativa fue de aproximadamente 69,55%. Cabe resaltar que ambos promedios se tomaron de todas las

mediciones realizadas (en la base, a 50cm y a 100cm de cuatro árboles de ciprés escogidos aleatoriamente), sin embargo estas se realizaron solamente cerca del ciprés.

Tomando en cuenta ambas intensidades lumínicas se encontró una mayor densidad y distribución de las

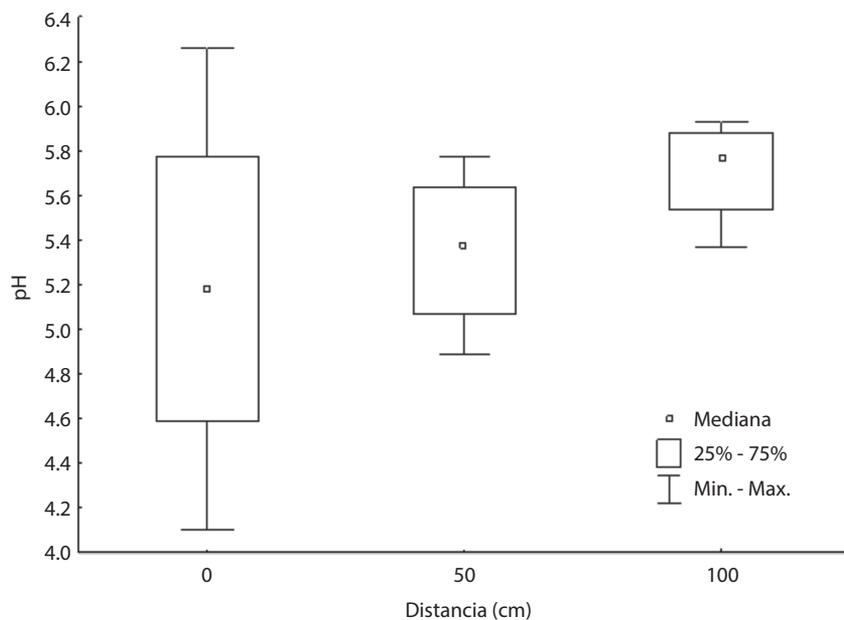


Fig. 4. Medianas ($M_e=5,18\pm0,44$, $M_e=5,37\pm0,19$ y $M_e=5,76\pm0,12$) de la acidez del suelo (pH) a tres distancias de la base del ciprés, en el Bosque de la Hoja, San Rafael de Heredia, Costa Rica.

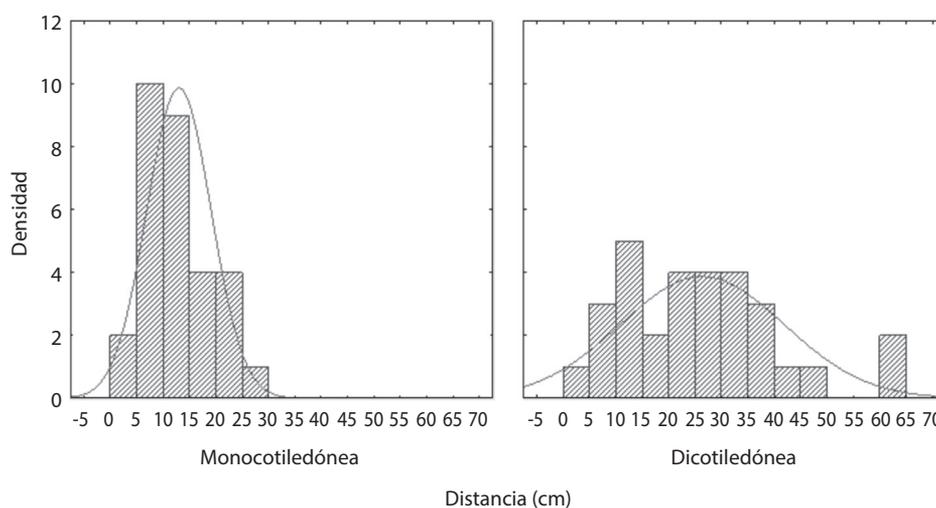


Fig. 5. Distribuciones de la densidad de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas según la distancia, en el Bosque de la Hoja, San Rafael de Heredia, Costa Rica.

monocotiledóneas a distancias entre 5 y 20cm del ciprés, mientras que las dicotiledóneas presentaron una mayor distribución y densidad a distancias entre los 15 y 35cm ($K-S=1,94$, $g.l.=29$, $p<0,05$) (Fig. 5). Este análisis se realizó por aparte en las zonas de alta intensidad lumínica y baja intensidad lumínica, sin embargo debido a que ambos análisis presentaron un resultado similar, se decidió mostrar un solo análisis que involucrara ambos tratamientos.

DISCUSIÓN

Según los resultados de este estudio, la plantación de *C. lusitanica* del Bosque de la Hoja no restringe el crecimiento de otras especies de vegetales, igual a lo encontrado por Chaverri et al. (1998) y Morales y Lange (2009). Sin embargo, existieron diferencias en las distribuciones de las plantas, donde las dicotiledóneas de la zona de alta intensidad lumínica se encontraron más alejadas de

la base del ciprés. Situación que podría deberse, de existir efecto alelopático, a la función de este como un fenómeno fotodinámico, el cual requiere luz como catalizador (Frank & Finckh, 1997). Lo anterior sugeriría que el efecto de las sustancias inhibitorias incrementa con la luz y como consecuencia afectaría el desarrollo de las plantas dicotiledóneas produciendo que estas crezcan aun más alejadas del ciprés (Frank & Finckh, 1997). Esto parece contradictorio, pues la mayor intensidad lumínica que se presenta en esta zona debería ayudar en la captación de energía por parte de las plantas, y por ende, estimular su crecimiento aún en la cercanía de los árboles de ciprés.

El hecho de que la humedad del suelo en la plantación de ciprés no alcanzara niveles altos, podría deberse a la gran área foliar que presenta la especie, la cual intercepta gran parte de la precipitación provocando una disminución de la cantidad de agua que llega al suelo (De las Salas & García, 2000; Villegas, 2004). No obstante, la cantidad de humedad encontrada en el suelo también podría explicarse debido a la repelencia al agua que presenta la materia orgánica acumulada en el suelo producto de la hojarasca del ciprés (Doerr, Shakesby & Walsh, 2000; Jaramillo, 1992; Jaramillo, 2004; Caballero & Jaramillo 2007), la cual es difícil de descomponer, lo que promovería suelos más secos (Cortés, Chamorro & Vega, 1990). Además Duque, Arbeláez, Jaramillo y León (2004) en su estudio encontraron una alta hidrofobicidad en el sustrato de una plantación de ciprés, donde el suelo de la misma presentó los mayores valores de tiempo de penetración de una gota de agua en el suelo.

Aunque no se encontraron diferencias significativas en la humedad del suelo a diferentes distancias de la base del ciprés, se determinó un aumento de la misma conforme se aleja de la base del árbol. La menor cantidad de agua en el suelo de la base del ciprés podría deberse al bajo porcentaje de escurrimiento de agua por el tronco (fracción de lluvia que ingresa al suelo por el tronco) (De las Salas & García, 2000), además de que la copa del árbol es más densa sobre el tronco, lo que impide aun más la entrada del agua. Conforme se aleja de la base la densidad de la copa disminuye, lo que permite a una mayor cantidad de agua infiltrarse en el suelo aumentando la humedad del mismo. Los valores intermedios de la humedad del suelo encontrado a 50cm de la base de los árboles de ciprés con respecto a las demás mediciones, podrían indicar la presencia de una zona de transición del contenido de humedad del suelo a esta distancia.

La disminución de la acidez conforme se aumenta la distancia de la base del árbol del ciprés puede estar relacionada a la falta de acumulación de cargas electro-negativas en el suelo de la base del mismo (Cavelier &

Tobler, 1998; León, González & Gallardo, 2011; Demessie, Singh & Lal, 2012). Un incremento en la acidez del suelo tiene influencia en los sistemas radiculares, provocando que estos no adquieran mucha profundidad y pierden su resistencia a la sequía (Chacón, 2002), lo que podría provocar el alejamiento de las dicotiledóneas con respecto a la base del ciprés. Aunque algunos estudios han encontrado niveles de acidez afines a los de esta investigación, otros también han encontrado valores similares de pH en bosques nativos (Cavelier & Santos, 1999; Guzmán, 2005), lo cual dificulta saber que tan importante es efecto del pH del suelo en las plantas que coexisten con el ciprés.

La composición de monocotiledóneas encontradas cerca del ciprés fue consistente y pertenecían a la familia de las Cyperaceas, cuyas especies son plantas competidoras. Estas especies pueden desarrollarse y crecer adecuadamente en ambientes perturbados, como es el caso de las plantaciones de especies exóticas, por esto pueden desarrollarse cerca de la base de *C. lusitanica* (Garro, 2002). Por otra parte, las dicotiledóneas de crecimiento secundario se encontraron más lejos de la base del ciprés, lo que podría estar relacionado con su mayor tamaño y por ende poseen una mayor demanda de agua y nutrientes, que las monocotiledóneas. Por tanto, al estar cerca del ciprés la competencia con estos y la falta de recursos, restringen el crecimiento de las dicotiledóneas en su cercanía (Trelp, 1994).

Las plantaciones de *C. lusitanica* pueden alterar factores como el ambiente lumínico, la humedad y pH del suelo, afectando la vegetación autóctona de un sitio. Sin embargo, estos efectos negativos pueden disminuirse con un manejo adecuado de las plantaciones forestales (Cavelier & Tobler, 1998, Ladrach, 2010). Fernández-Pérez, Ramírez-Marcial y González-Espinosa (2013) señalan en su estudio la importancia que puede tener la reforestación con ciprés en procesos de recuperación de suelos y mantenimiento de la diversidad de un sitio, siempre que se mantenga un manejo forestal oportuno. Pese a esto se sugiere como estrategia de conservación más apropiada la necesidad de sembrar diferentes tipos de árboles (plantaciones mixtas) que permitan el reclutamiento natural de otras especies de árboles (Araya, 2005; Fernández-Pérez et al., 2013)

Aunque los elementos que restringen el crecimiento de las plantas son complejos, uno de los principales factores limitantes de tal crecimiento es la interacción espacial con otros árboles. Debemos tener en cuenta que la plantación de ciprés estudiada no tuvo ningún manejo forestal adecuado y oportuno, por lo que dicha plantación puede tener como efectos alterar el ambiente

lumínico afectando posiblemente dicotiledóneas menos competitivas, las cuales deben responder a la competencia alejándose del ciprés o adaptándose a las nuevas condiciones como lo hacen las plantas monocotiledóneas (Ford & Sorrensen, 2003). Sin embargo, el efecto en la humedad y acidez del suelo para esta plantación es leve, ya que incluso plantaciones de ciprés pueden tener niveles de pH similares a plantaciones nativas (Cavelier & Santos, 1999; Guzmán, 2005).

AGRADECIMIENTOS

Primeramente se le agradece a Roberto Cordero la ayuda y los consejos brindados de durante la realización de este documento. Además se le agradase a Helga Madrigal por el préstamo de los instrumentos necesarios para realizar las mediciones. Finalmente, se le agradece a Catalina Viquez por el campo en su laboratorio para llevar a cabo el análisis de pH del suelo.

REFERENCIAS

- Araya, A. (2005). Diversidad florística de la regeneración natural en Finca Las Chorreras, Heredia, Costa Rica. (Tesis inédita de grado). Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.
- Caballero, B., & Jaramillo, D. (2007). Humedad crítica y repelencia al agua en andisoles bajo cobertura de *Cupressus lusitanica* y *Quercus humboldtii* en la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(2), 4001-4024.
- Cavelier, J., & Tobler, A. (1998). The effect of abandoned plantations of *Pinus patula* and *Cupressus lusitanica* on soils and regeneration of a tropical montane rain forest in Colombia. *Biodiversity and Conservation*, 7, 335-347.
- Cavelier, J., & Santos, C. (1999). Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista Biología Tropical*, 47(4), 775-784.
- Chacón, G. (1997). *Usos no saludables de los Páramos*. Quito, Ecuador: Ecociencia-Instituto de Montaña-FLACSO.
- Chacón, G. (2002). El ciclo del nitrógeno y su circulación en ecosistemas de coníferas: implicaciones para explicar el éxito del crecimiento de los pinos en suelos pobres. *Revista de la Universidad del Azuay*, 29, 95-120.
- Chaverri, A., Zamora, N., Aguilar, V., & Gutiérrez, J. (1998). Regeneración natural de especies nativas latifoliadas y de ciprés (*Cupressus lusitanica*) bajo una plantación de ciprés en San José de la montaña, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 22(1), 7-17.
- Cortes, A., Chamorro, C., & Vega, A. (1990). Cambios en el suelo por la implantación de praderas, coníferas y eucaliptos en un área aledaña al Embalse del Neusa (Páramo de Guerrero). *Biología del suelo (IGAG)*, 2(1), 101-114.
- De las Salas, G., & García, C. (2000). Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales contrastantes en la cuenca del río San Cristobal, Bogotá. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 24, 205-218
- Demessie, A., Singh, B., & Lal, R. (2012). Effects of eucalyptus and coniferous plantations on soil properties in Gambo District, southern Ethiopia. *Soil & Plant Science*, 62(5), 455-466.
- Doerr, S., Shakesby, R., & Walsh, R. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological significance. *Earth Science Reviews*, 51(1), 33-65.
- Duchaufour, P. (1975). *Manual de edafología*. Barcelona, España: Doray-masson, S.A.
- Duque, J., Arbeláez, S., Jaramillo, D., & León, J. (2004). Hidrofobicidad en andisoles bajo robledal (*Quercus humboldtii*) y plantaciones forestales (*Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*) en la cuenca de la quebrada piedras blancas (Medellín, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 7(2), 2423-2434.
- Feyera, S., Beck, E., & Lüttge, U. (2002). Exotic trees as nurse-trees for the regeneration of natural tropical forests. *Trees*, 16, 245-249.
- Fernández-Pérez, L., Ramírez-Marcial, N., & González-Espinosa, M. (2013). Reforestación con *Cupressus lusitanica* y su influencia en la diversidad del bosque de Pino-Encino en los Altos de Chiapas, México. *Botanical Sciences*, 91(2), 207-216.
- Ford, E., & Sorrensen K. (1992). Theory and models of inter-plant competition as a spatial process. En: DeAngelis, D., & Gross, L. (Ed.), *Individual-based models and approaches in ecology: populations, communities, and ecosystems* (pp. 363-407) Londres, Inglaterra: Routledge, Chapman and Hall.
- Frank, D., & Finckh, M. (1997). Impactos de la plantación de pino oregon sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70, 191-211.
- Garro, J. (2002). *Plantas competidoras. Un componente más de los agroecosistemas*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Gonzaga, L. (1993). Efecto de las coberturas vegetales Ciprés, Pino y Rastrojo sobre la humedad del suelo en dos microcuencas de Piedras Blancas, Antioquia. *Crónica forestal y del Medio Ambiente*, 8, 7-24.
- Guariguata, M. (1998). *Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal*. (Informe Núm. 304). Cartago, Costa Rica: Editorial Catie.
- Guzman, J. E. (2005). *Efecto de la cubierta vegetal, nativa y exótica, y de la exposición solar en el pH de un suelo granítico*.

- (Tesis inédita de maestría). Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Hofstede, R. (1997). *El impacto ambiental de plantaciones de Pinus sp. en la sierra del Ecuador*. Proyecto EcoPar, Universidad de Amsterdam, Larenstein Colegio Universitario Internacional, Velp, Holanda.
- Jaramillo, J. (1992). *Relación entre la acumulación de acículas (litter) de Pinus patula y la hidrofobicidad en algunos andisoles de Antioquia*. (Tesis inédita de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Jaramillo, J. (2004). *Repelencia al agua en suelos: con énfasis en andisoles de Antioquia*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Ladrach, W. (2010). *Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtrópico*. San José, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Lemenih, M., Olsson, M., & Karlun, E. (2004). Comparison of soil attributes under *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* established on abandoned farmlands with continuously cropped farmlands and natural forest in Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 195, 57-67.
- Lemenih, M., Gidyalew, T. & Teketay, D. (2004). Effects of canopy cover and understory environment of tree plantations on richness, density and size of colonizing woody species in southern Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 194, 1-3.
- León, J., González, M., & Gallardo, J. (2011). Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales y plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Revista Biología Tropical*, 59(4), 1883-1894.
- Lines N. & Fournier, L. (1979). Efecto alelopático de *Cupressus lusitanica* Mill. sobre la germinación de las semillas de algunas hierbas. *Revista de Biología Tropical*, 27(2), 223-229.
- Lisanework, N., & Michelsen, A. (1993). Allelopathy in agroforestry systems: the effects of leaf extracts of *Cupressus lusitanica* and three *Eucalyptus* spp. On four Ethiopian crops. *Agroforestry Systems*, 21, 63-74.
- López, C., Rodríguez, M., San Miguel, A. & González, S. (2011). *Efecto alelopático de especies invasoras de ribera sobre la germinación de especies del sotobosque*. Toledo, España: SEEP.
- Morales, C., & Lange, A. (2009). *Comparación de la diversidad y la abundancia de plantas vasculares en tres áreas boscosas del Cerro La Carpintera, Costa Rica*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Murillo L., Hernandez, X., & Murillo, O. (1996). Evaluación de la calidad de plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica*) en el valle del Guarco, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 20(1), 17-23.
- Richter D., Markewitz, D., Trumbore, S., & Wells, C. (1999). Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest. *Nature*, 400, 56-58.
- Senbeta, F., & Teketay, D. 2001. Regeneration of indigenous woody species under the canopies of tree plantations in Central Ethiopia. *Tropical Ecology*, 42(2), 175-185.
- Tobón, G. (1989). *Evaluación de pérdidas por interceptación de la precipitación en tres coberturas vegetales: Cupressus lusitanica, Pinus patula y bosque natural secundario*. (Tesis inédita de Grado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Tremp, L. (1994). Competition and coexistence on the historical background in ecology and the influence in economy and social sciences. *Ecology Modelling*, 75, 99-110.
- Villegas, J. (2004). Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el Departamento de Antioquia. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 1, 73-79.
- Yirdaw, E. (2001). Diversity of naturally-regenerated native woody species in forest plantations in the Ethiopian highlands, *New Forests*, 22, 159-177.