



Facultad de Ciencias Naturales y Exactas
Universidad del Valle



Use of mulching for the restoration of dry forests in Valle of Cauca

Juan Sebastián Posada Montoya
Universidad del Valle

Inge Armbrrecht
Universidad del Valle

Víctor Galindo
Fundación CIPAV

Received: June 24, 2015

Accepted: October 13, 2015

Pag. 43-57

Abstract

Dry tropical forest is one of the most severely threatened ecosystems. Despite that, efforts for its restoration are insufficient. As it happens with other tropical forests, exotic grasses constitute a common barrier for natural regeneration. Mulching is a technique used to control weeds to avoid competition with native trees during the restoration process. The effect of two types of mulching (straw and cardboard) on growth and survival of four species of native plants (*Pithecellobium dulce*, *Achatocarpus nigricans*, *Cestrum* cf. *nocturnum* and *Croton gossypifolius*) was studied. Additionally, the effect of mulching on weeds and on soil was also studied for six months. It was found that diameter growth was higher when straw mulching was used for treatment. This treatment also fostered greater retention of humidity on the soil during periods of less rain precipitation for both mulching treatments. There was a lower growth of weeds recorded as well as the appearance of commelinaceous plants. It was concluded that mulching is a viable option for the control of exotic grasses on the restoration areas. The reduction in the variation of soil moisture could promote growth of native plants in a long run.

Keywords: *Achatocarpus nigricans*, *Croton gossypifolius*, *Cestrum nocturnum*, *Pithecellobium dulce*, exotic grass control, soil moisture and temperature, restoration of tropical forests.

Uso de acolchados (mulching) en la restauración de bosques secos en el Valle del Cauca

Resumen

El bosque seco tropical es uno de los ecosistemas más amenazados por actividades humanas. Pese a eso, los esfuerzos para su restauración son insuficientes. Como en otros bosques tropicales, las gramíneas exóticas constituyen una barrera importante para su regeneración natural. El acolchado (*mulch*) es una técnica utilizada en el control de plantas arvenses para su evitar la competencia con los árboles nativos durante el proceso de restauración. Se estudió el efecto de dos acolchados (vegetal y de cartón) sobre el crecimiento y supervivencia de cuatro especies de plantas nativas (*Pithecellobium dulce*, *Achatocarpus nigricans*, *Cestrum* cf. *nocturnum* y *Croton gossypifolius*). También se estudió el efecto del acolchado sobre las arvenses y el suelo por seis meses. Se encontró mayor crecimiento en el diámetro bajo el tratamiento de acolchado vegetal. Este tratamiento también permitió mayor retención de humedad en el suelo en el periodo de menor precipitación. En ambos acolchados hubo un menor crecimiento de arvenses y se observó la colonización de commelináceas sobre las áreas tratadas. Se concluye que el uso de acolchados es viable para el control de gramíneas exóticas en áreas en restauración. La reducción en la variación en la humedad del suelo puede favorecer el crecimiento de las plantas nativas a largo plazo.

Palabras clave: *Achatocarpus nigricans*, *Croton gossypifolius*, *Cestrum nocturnum*, *Pithecellobium dulce*, control de pastos exóticos, temperatura y humedad del suelo, restauración de bosques tropicales.

1 Introducción

El bosque seco tropical es uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, dado que la fertilidad de sus suelos y su clima relativamente benévolo lo han hecho uno de los hábitats preferidos para el asentamiento humano [44]. Análisis recientes muestran que los bosques del valle geográfico del río Cauca están severamente fragmentados quedando menos del 2% de la cobertura original [16, 22, 3], lo cual es causado por la expansión acelerada del monocultivo de la caña de azúcar, la ganadería y en menor escala, la urbanización. [22, 3]. A pesar de su severo deterioro, las investigaciones sobre restauración ecológica en el bosque seco son escasas a nivel global respecto a otros ecosistemas [48, 31, 34, 12]. Éstas representan menos del 6% de trabajos en la literatura científica asociada [31]. Pese a que existen investigaciones sobre diversos aspectos del bosque seco tropical del valle geográfico del río Cauca en cuanto a composición florística [49, 39], estructura ecológica [29, 1, 36] y dinámica sucesional [46, 42], incluso sobre autoecología de especies potencialmente utilizables en restauración [49, 21], los trabajos publicados sobre restauración ecológica en el bosque seco del Valle del Cauca (Colombia) son escasos [24].

El Campus Meléndez de la Universidad del Valle tiene una oferta de hábitats heterogéneos que sustentan una variedad importante de fauna, por lo que es una de las zonas verdes más importantes de la ciudad de Cali, Colombia [9, 25, 41]. El campus universitario cuenta con 100 ha, y ha sido declarado como Jardín Botánico por el Consejo Superior universitario [15] y en su interior, se tiene previsto la re-vegetalización con especies típicas del bosque seco tropical vallecaucano. La Estación Experimental de Biología será un componente importante de este proyecto institucional (Ángela Franco, Jefe de Planeación, Universidad del Valle com.pers. 2013) para el desarrollo de iniciativas de investigación sobre procesos de sucesión y restauración ecológica. Uno de los más importantes factores que previene la sucesión ecológica natural es la competencia de pastos exóticos, que inhiben el establecimiento de árboles y por tanto la regeneración del bosque [11, 17]; también influye el manejo con maquinaria pesada para el corte de gramíneas; factores que pueden considerarse tensionantes para la continuidad de sucesión [50]. El pasto predominante es *Megathyrsus maximus* Jacq. B.K. Simon & S.W.L. Jacobs (antes conocido como *Panicum maximum* o guinea), que hace parte de un grupo de gramíneas africanas introducidas en los trópicos como forraje para ganado [30]. En Colombia se introdujo desde el siglo XIX y se naturalizó en ciertas regiones como el Valle del Cauca [37]. Es un limitante frecuente de la regeneración natural de bosques secos en otras regiones del mundo [4,5] y es considerada invasora en zonas del trópico [40]. Para Colombia, fue calificada como especie de amplio riesgo de invasión [10].

Por lo anterior, es necesario investigar estrategias para el control de gramíneas competidoras que puedan favorecer el crecimiento arbóreo y la sucesión vegetal en procesos de restauración ecológica en el bosque seco, utilizando como escenario el área mencionada. Una estrategia para inhibir la competencia que el pasto ejerce sobre los árboles y arbustos sembrados en el proceso de restauración es el acolchado o mulching;

definido como todo material, orgánico o mineral, uniformemente distribuido sobre la superficie del suelo [14, 23]. El acolchado, al ser biomasa vegetal depositada sobre el suelo alrededor de las plántulas nativas inhibe el paso de luz, lo que evita el rebrote del pasto. También, reduce la pérdida de humedad del suelo, previniendo estados de estrés hídrico en las plantas y proporcionando un microambiente con poca variación de temperatura en la superficie del suelo alrededor de las raíces [33] en los momentos más vulnerables de crecimiento.

Los acolchados han sido utilizados en restauración ecológica, como estrategia para facilitar el establecimiento de plantas [52, 7], al igual que para el control de arvenses [34, 28, 14, 8], pero no se reportan estudios de este tipo en el bosque seco tropical del Valle del Cauca. El presente estudio tuvo como objetivo la evaluación de dos tipos de acolchado sobre el establecimiento de cuatro especies pioneras arbóreas nativas, con potencial para iniciar la sucesión vegetal, en un ambiente de pastizal de zona urbana de bosque seco tropical en el municipio de Santiago de Cali. Los dos tratamientos fueron acolchados (*mulch*) orgánicos compuestos de material vegetal (paja producto de la poda del pasto) y cartón reciclado proveniente de embalajes. Las variables de respuesta para los tratamientos fueron: (1) el crecimiento de los árboles nativos pioneros; (2) el control o inhibición de las gramíneas competidoras; y (3) la incidencia de los acolchados sobre las condiciones microclimáticas del suelo.

2 Métodos

2.1 Especies de estudio

Las especies de estudio fueron seleccionadas con base en revisión bibliográfica [47], consulta de expertos, tomando dos características básicas: su distribución local y que fueran especies pioneras intermedias y de rápido crecimiento [47]. Se escogieron cuatro especies de plantas de estados sucesionales tempranos. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. (Nombre común: chiminango) y *Achatocarpus nigricans* Triana (totocal), De las anteriores especies se utilizaron plántulas de un año de edad, propagadas a partir de semillas en la Estación Experimental de la Universidad del Valle. Las dos restantes, *Croton gossypifolius* Vahl (sangregao) y *Cestrum cf. nocturnum* (jazmín de noche), provinieron de un vivero ubicado en la cuenca alta del río Cali, en el corregimiento de Pichindé. Para *C. gossypifolius* y *C. nocturnum* las especies se recolectaron en el inicio del período de lluvias. Entre marzo y mayo de 2013 se realizó el montaje del experimento. Para *P. dulce* y *A. nigricans* el experimento se montó en octubre de 2013.

2.2 Área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental de Biología, en el campus Meléndez de la Universidad del Valle (N 3°22'26.40" O 76° 31'51.05") en la ciudad de Cali, Colombia, en un área de límite entre un pastizal dominado por especies exóticas (pasto guinea [*Megathyrsus maximum*] y estrella [*Cynodon plectostachyus* K. Schum. Pilg.] y un área boscosa en regeneración. El clima de la zona es predominantemente cálido y seco; con una temperatura anual promedio superior a 24°C, que oscila entre 19°C (mínimo) y 34°C (máximo). La precipitación anual es de 1000 mm, oscilando entre 30 y 130 mm

mensuales con una distribución bimodal con picos entre marzo y mayo y entre septiembre y noviembre. Por sus condiciones, la zona se clasifica como Bosque seco tropical (bs-T) [20].

2.3 Montaje experimental

Se realizaron dos experimentos independientes, ambos con un diseño de parcelas pareadas, establecidas secuencial y linealmente, siguiendo el contorno del borde de un pequeño parche bosque en regeneración, de menos de una hectárea de área, ubicado en la Estación Experimental de Biología del campus universitario de Meléndez, Universidad del Valle. Cada parcela se compuso de dos sub-parcelas, de 1,64 m x 1,64 m, a las cuales se asignó aleatoriamente uno de dos tratamientos: acolchado orgánico (*mulch*) o control (sin *mulch*) alrededor de la planta nativa. Cada parcela con sus dos tratamientos (*mulch* y control) se consideró un bloque. Las parcelas se situaron paralelas al área boscosa, a 5 m del borde del bosque para el caso del tratamiento de acolchado de cartón y a 15 m para las correspondientes al acolchado vegetal. Dentro de cada parcela, se dejó un margen libre de 2 m para prevenir el efecto de borde sobre las plantas (Figura 1).

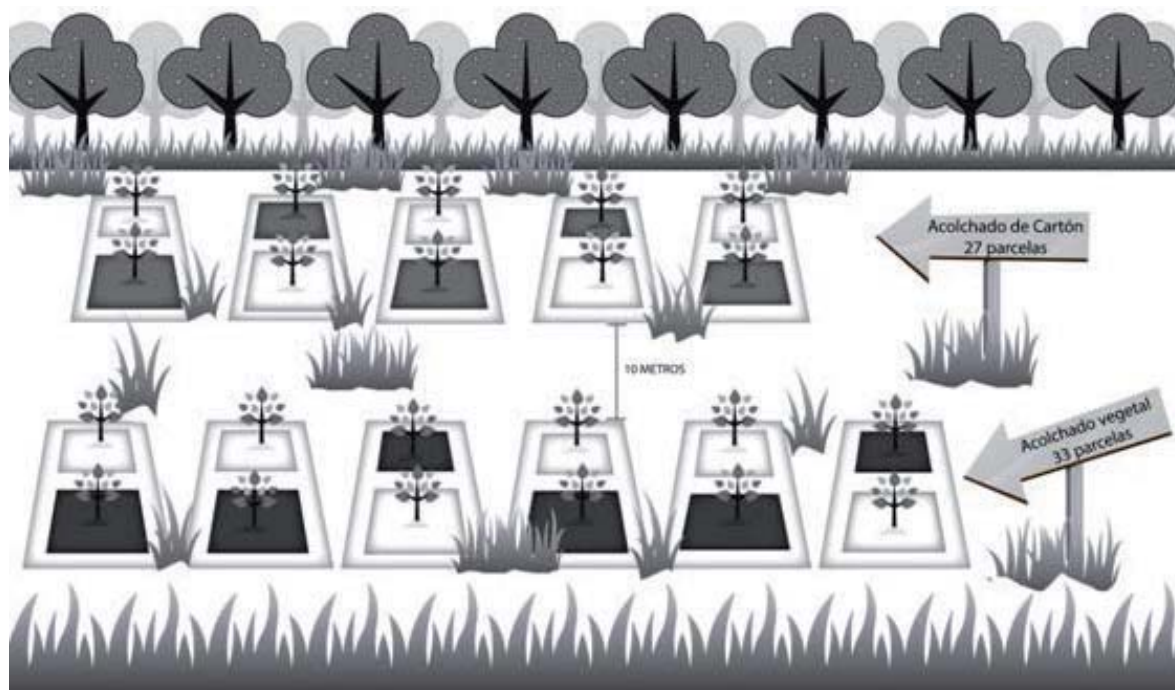


Figura 1. Representación gráfica simplificada del montaje experimental, con la estructura de las parcelas y bloques. Las filas del acolchado de cartón y vegetal estaban separadas por 10m. Ilustración por Susan Posada.

La independencia de los experimentos radica en la diferencia de los tiempos de montaje, la distancia de 10 m entre ambas series de parcelas y los dos tipos de acolchado utilizados.

Los dos experimentos se toman como independientes entre sí y se diferencian en dos aspectos: la especie vegetal plantada y el tipo de acolchado diferentes, de la siguiente manera.

2.3.1 Acolchado vegetal: consistió de residuos secos de podas locales de pasto (paja), dispuestos sobre el suelo en un área rectangular alrededor de la planta recién sembrada, formando una capa de 10 cm de grosor, según lo recomendado por Morales & Varón [33]. No se aplicó acolchado en los primeros 20 cm de radio desde el tallo, para evitar posibles efectos negativos sobre el área radicular. La instalación de los tratamientos (con y sin acolchado) se realizó durante la última semana de octubre de 2013. Con el fin de obtener suficiente material para el acolchado de las parcelas, se utilizaron las podas de un tractor con guadaña dos semanas previas al montaje del experimento. Se instalaron 33 parcelas, 22 para *P. dulce* y 11 para *A. nigricans*.

2.3.2 Acolchado de cartón: consistió de una capa de recortes de cartón alrededor del árbol nativo recién sembrado en un área de 1,64 x 1,64 cm. La instalación del acolchado se realizó la primera semana de diciembre de 2013. Al igual que el acolchado vegetal, se dejó un área sin cubrir de 20 x 20 cm alrededor del tallo de la plántula de árbol nativo. El conjunto de láminas tenían un peso promedio de 1,73 kg y un grosor de 0,5 cm y se fijaron al suelo con alambre galvanizado. Se instalaron catorce parcelas con *C. cf. nocturnum* y trece para *C. gossypiifolius*, cada parcela con los tratamientos con y sin *mulch* de cartón.

2.4 Protocolo de siembra

Todas las plántulas de árboles nativos, de tamaños cercanos a 50cm, se sembraron bajo las mismas condiciones en un periodo de dos días. Para el experimento de acolchado vegetal, las plántulas de *P. dulce* y *A. nigricans*, se sembraron en agujeros de 25 x 25 x 25 cm, con adición de hidrogel (3 g), con una mezcla de tierra y compost orgánico. La siembra se realizó en octubre de 2013.

Para el experimento de acolchado de cartón se cavaron hoyos de 20 x 20 x 20cm y la siembra se realizó a los tres días siguientes, conformándose parejas de tamaño similar asignadas aleatoriamente a cada bloque. Para la siembra se adicionó tierra abonada y un puñado de hidrogel. Esta siembra se realizó en el marco del trabajo "Resurgencia de arvenses y especies pioneras con miras a la restauración ecológica en un parche de bosque seco tropical" realizado por Galindo y colegas (datos sin publicar) en el primer semestre de 2013.

2.5 Toma de datos y análisis estadísticos

Para evaluar el efecto del acolchado sobre el crecimiento de las plántulas, se tomaron datos de la altura alcanzada desde la base hasta el meristemo apical, el número y longitud promedio de los rebrotes, el diámetro basal (a 2 cm de la superficie del suelo para el acolchado vegetal y a 4 cm del suelo para el acolchado cartón) y la supervivencia. Se tomaron datos mensualmente hasta el sexto mes. Para *C. gossypiifolius* y *C. cf. nocturnum*, se consideraron todas las variables mencionadas excepto la longitud de los rebrotes y las ramificaciones, con mediciones bimensuales hasta los seis meses.

En cuanto al control del acolchado sobre las gramíneas y otras plantas competidoras, se tomó la altura de las seis plantas más altas sobre la superficie del área midió para evaluar los posibles efectos del tratamiento sobre esta variable. Además, se tomó la biomasa en

peso seco de las gramíneas y otras plantas arvenses en la parcela, al final del experimento. La biomasa aérea se obtuvo a partir de podas con guadaña sin dañar los árboles sembrados. El material podado se empacó en bolsas y fue secado en horno a 65°C por dos días, en el Herbario CUVC de la Universidad del Valle. El material resultante se pesó en una balanza electrónica portátil.

Por último, para evaluar el efecto de los tratamientos de acolchado sobre el microclima del suelo, se tomaron registros de temperatura y humedad del suelo. Se utilizó un sensor de temperatura y humedad Decagon GS3 y el dispositivo Procheck (*Decagon Devices*). Se tomó un solo dato en cada unidad experimental introduciendo el sensor entre la superficie del suelo y el acolchado, levantando este último para tal fin. Las mediciones se realizaron entre las 12:00 y 14:30 horas en días secos y soleados, a 40 cm de la base del tallo de cada plántula de árbol nativo.

Para cada uno de los dos experimentos se realizó un ANOVA de medidas repetidas con el fin evaluar las diferencias entre los tratamientos para cada variable respuesta relacionada con el crecimiento, en el periodo experimental. Asimismo, se realizó una prueba para identificar las diferencias entre los parámetros de humedad y temperatura del suelo, asociados a los tratamientos. Para la realización del ANOVA, en los casos en que no se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se realizaron transformaciones de datos, aplicando log10 o raíz cuadrada, según el caso, siguiendo los criterios recopilados por Horn [26]. En los casos necesarios, se realizaron pruebas no paramétricas. Para todos los cálculos se utilizó el programa Statistica versión 7 (*Statsoft systems*).

3 Resultados

3.1 Crecimiento y supervivencia de las plantas pioneras nativas

Los porcentajes de supervivencia presentados fueron: 80,7% para *C. nocturnum*, 45% para *C. gossypifolius* (experimento acolchado de cartón), 89% para *A. nigrincans* y de 93% para *P. dulce* (acolchado vegetal). El diámetro de los árboles (o arbustos) en crecimiento fue la variable que presentó la mayor respuesta al acolchado, puesto que en el caso del acolchado vegetal, *P. dulce* mostró diferencias significativas para el diámetro ($F = 5,640$, $p = 0,023166$) y la longitud de brotes, evaluada mediante una prueba no paramétrica de U-Mann-Whitney ($U = 84,5$, $p = 0,040079$).

Asimismo, para el caso del acolchado de cartón, se apreciaron diferencias significativas en *C. nocturnum* para el diámetro ($F = 7,6536$, $p = 0,0144$) y el número de brotes de ($F = 3,9013$, $p = 0,0717$). Todas las diferencias significativas halladas vía ANOVA fueron corroboradas mediante pruebas de Tukey. Para las demás variables no se detectaron diferencias significativas, sin embargo, se pudo observar, en numerosos casos, que durante la mayor parte del período experimental las plantas tratadas con el acolchado alcanzaron valores mayores en las variables de crecimiento como la altura (Figura 2).

3.2 Acolchado en el control de gramíneas

Para la evaluación de los pesos secos de la biomasa aérea, se detectaron diferencias significativas entre las plantas bajo el tratamiento de acolchado y sus respectivos controles, mediante la prueba de U de Mann-Whitney, tanto en el caso del acolchado vegetal ($U = 2,5$, $p = 0,03$) como del acolchado de cartón ($U = 0,0$ $p = 0,0007$). Se registró la colonización de la superficie de las parcelas cubiertas con el acolchado vegetal y de cartón por *Commelina cf. diffusa* y *Tradescantia sp.*, sin generar interferencias en el crecimiento de las plantas sembradas para el experimento. Su crecimiento fue menor al de los pastos, y se presentó con frecuencia en las parcelas bajo sombra. Igualmente, en algunos se observó el crecimiento de rizomas de *Cynodon* (pasto estrella) sobre la superficie de las parcelas.

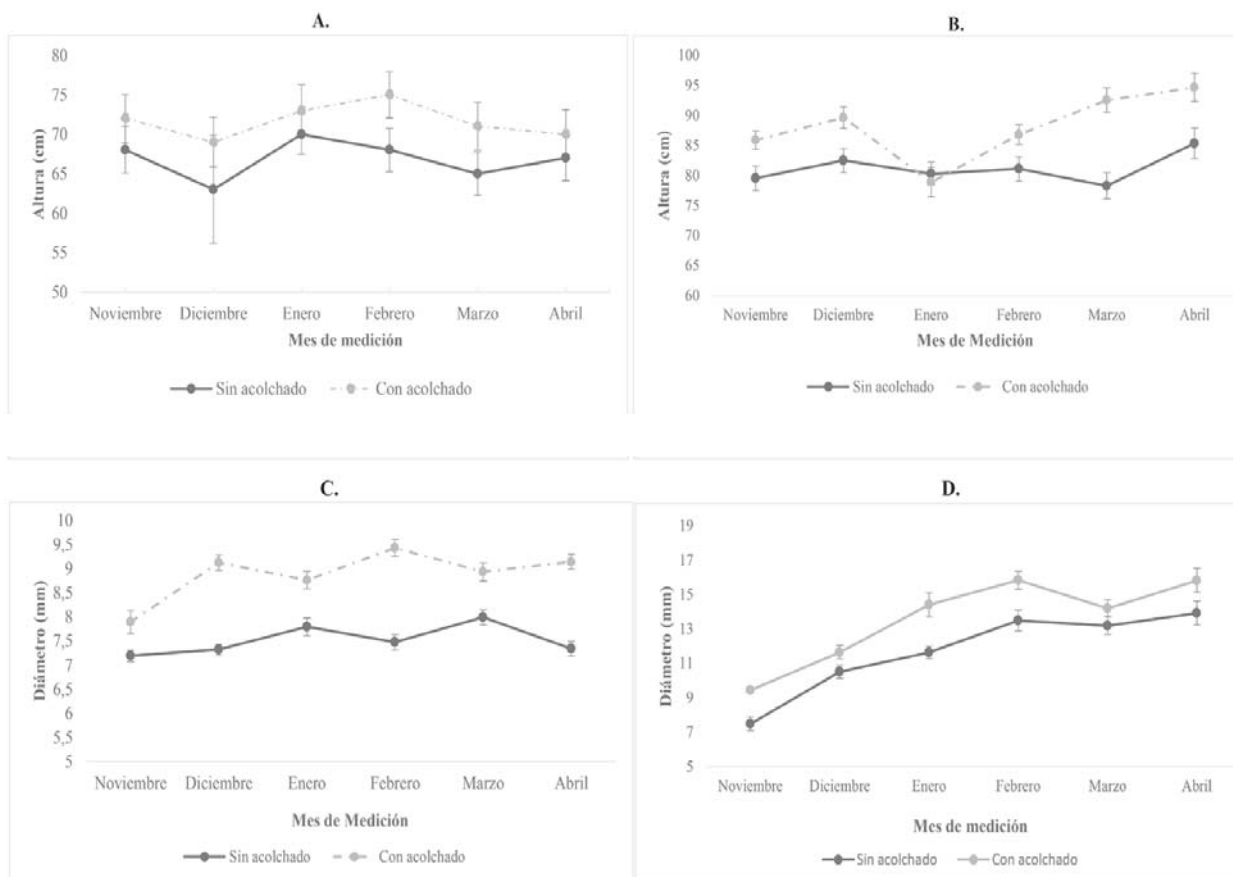


Figura 2. Medias y errores estándar para dos variables de crecimiento medidas en el experimento de acolchado vegetal; crecimiento en altura de *Pithecellobium dulce* (A) y *Achatocarpus nigricans* (B); diámetro de *Pithecellobium dulce* (C) y de *Achatocarpus nigricans* (D), con sus respectivas barras de error.

3.3 Condiciones microclimáticas

Bajo el experimento del acolchado vegetal se encontró mayor humedad en las plantas tratadas con acolchado ($t = -5,7737$ y $p = 0,00008$). En contraste, la temperatura no presentó diferencias significativas (Figura 3). Para el experimento del acolchado de cartón, tanto la humedad como la temperatura fueron similares en el tratamiento y el control a lo largo de las mediciones.

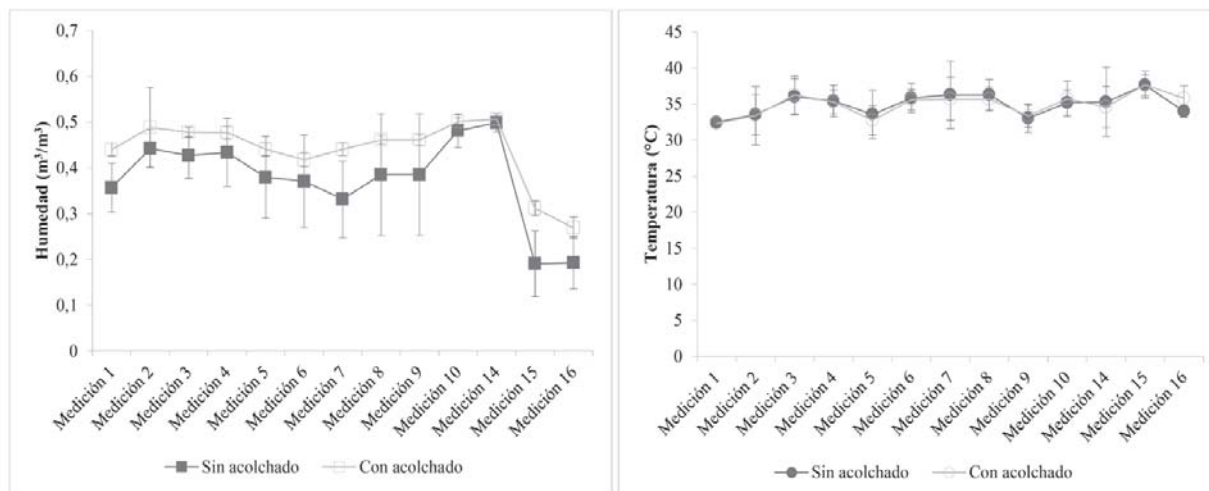


Figura 3. Comparación de los valores promedio de humedad y temperatura del suelo registradas para el acolchado vegetal en las diferentes mediciones con sus barras de error.

4 Discusión

4.1 Supervivencia y crecimiento

Los porcentajes de supervivencia de los árboles nativos del presente estudio fueron, en general, altos respecto a lo reportados en otros estudios realizados en bosque seco e involucraron el uso de acolchados, Barajas-Guzmán et al. [7] en Jalisco, México, reportaron una supervivencia de árboles entre el 40% y el 90%. Por su lado Núñez-Cruz & Bonfil [35] reportaron, en Morelos, México porcentajes de supervivencia del 8% al 61%. En el área de estudio, se dio un cambio de uso del suelo, pasando de la actividad agropecuaria (cultivo de caña) a ser zona verde del campus universitario desde hace 53 años, por lo cual se presume que los suelos han sufrido menos erosión que si hubieran sido cultivados durante este tiempo. Sin embargo, estos terrenos han sido podados con guadaña y tractor durante la última década, razón por la cual la sucesión se ha mantenido detenida con amplia dominancia de pastos. Es posible que la cercanía al dosel del parche de bosque vecino haya favorecido también la supervivencia de 80% o más de los árboles (excepto *C. gossypifolius* pues aparentemente requiere más sombra). Alvarez-Aquino & Williams-Linera [2] reportan una mayor supervivencia en plantas de bosque seco sembradas tras un año de germinadas y en áreas cercanas a fragmentos de bosque, condiciones también presentes en este estudio y que podrían explicar los resultados obtenidos respecto a la supervivencia.

Al comparar este estudio con otras investigaciones en las que se hallan efectos significativos del acolchado sobre el crecimiento de las plantas tratadas, se observó que en la mayoría de los casos se hacen seguimientos durante períodos más prolongados [6, 38]. Un tiempo de seguimiento adicional, puede ser necesario para observar diferencias en caracteres como el crecimiento en árboles. Hay poca información disponible en la literatura sobre el crecimiento y la mortalidad de las especies de árboles nativos utilizadas en este estudio, por lo que se requiere profundizar en su autoecología. Entre las variables de crecimiento, el diámetro fue la variable más sensible a los efectos del tratamiento al presentar diferencias significativas en tres de las cuatro especies estudiadas. Mora-

Osejo [32] sugiere que el crecimiento en grosor es la variable más evidente y estable en el crecimiento vegetal dado que el tallo es menos susceptible a daños por herbivoría o rupturas mecánicas respecto a los brotes o ramificaciones.

4.2 Acolchado y arvenses

La reducción y cambio en la composición de arvenses concuerda con lo reportado en otros estudios [13, 51] y las restricciones en su crecimiento podrían deberse a la exclusión de luz por el acolchado, el cual es un efecto bien estudiado [14, 18]. En este caso, se destaca la colonización de comelináceas en las áreas de acolchado, las cuales presentan adaptaciones que permiten su desarrollo como ambientes de sombra, plena exposición solar o durante temporadas secas [19]. El tratamiento de acolchado vegetal favoreció la humedad en el acolchado, lo que explicaría la aparición de arvenses diferentes a las gramíneas en varias de las parcelas experimentales [27, 18]. Esta colonización constituye un hecho interesante porque las nuevas plantas podría actuar como arvenses "nobles" [43] y servir de complemento a las estrategias de restauración que involucren el acolchado. Un ejemplo de ello sería la siembra de varias plantas que ocupen múltiples estratos y ejerzan un efecto de competencia sobre la gramíneas invasores sensu Ammond et al. [4].

4.3 Acolchado y microclima del suelo

Las gramíneas invasoras pueden generar alteraciones importantes en el microclima, ya que la hojarasca producida y el flujo de la radiación solar a través de los pastizales generan, una tendencia al incremento de temperatura y reducción de humedad del suelo [17]. La remoción y menor crecimiento de los pastos alrededor de los árboles, sumado a la reducción en la velocidad de la evaporación generada por el acolchado, [23], explicarían los mayores registros de humedad en las plantas tratadas con acolchado vegetal. Por otra parte, una mayor humedad en el suelo bajo el acolchado incidiría positivamente en el crecimiento de los árboles sembrados, pues incrementaría la disponibilidad de agua para la raíz, favoreciendo los procesos fisiológicos asociados a su crecimiento [45].

La principal incidencia del acolchado en la temperatura del suelo, es la disminución de las fluctuaciones en superficie del suelo debajo del acolchado. Esta acción puede verse potenciada o reducida por el grosor y el tipo de material utilizado [38, 14]. Sin embargo, el presente estudio no encontró evidencia que el acolchado (ni vegetal ni de cartón) amortiguara los cambios de la temperatura del suelo con respecto a sus controles. En el acolchado vegetal, la ausencia de diferencias en temperatura del suelo podría deberse a que los efectos térmicos del acolchado no serían muy diferentes a los ejercidos por la acumulación natural de la hojarasca proveniente del mismo pastizal. En el caso del acolchado de cartón, el bajo grosor de la cubierta, y la incidencia heterogénea de la luz sobre las parcelas, debido al sombrero de las copas de árboles aledaños de gran porte, impidieron un efecto detectable en la humedad y temperatura del suelo.

4.4 Conclusiones y recomendaciones

De la presente investigación se concluye que las cubiertas orgánicas, son una opción viable para contribuir al éxito de la plantación de árboles con fines de restauración en áreas dominadas por pastos exóticos del bosque seco tropical, puesto que disminuyen la

competencia de las gramíneas, promueven la conservación de la humedad en el suelo, lo que favorece el crecimiento de las plantas utilizadas para la restauración, y reducir las posibilidades de estrés hídrico, un factor limitante de importancia en las áreas secas. Los cambios en la composición de arvenses que surgen a partir del uso del acolchado constituirían una observación de base para promover el potencial de regeneración de los sitios a restaurar y para probar el uso de otras especies vegetales, que puedan crecer sobre las cubiertas y potenciar el mantenimiento en el tiempo de las intervenciones de restauración ecológica.

Se recomienda para futuros estudios, evaluar la posibilidad de introducir commelináceas nativas del bosque seco vallecaucano, estudiar su establecimiento sobre cubiertas vegetales o de cartón y su habilidad competitiva con las gramíneas exóticas. Además, sería pertinente examinar las posibles relaciones de competencia entre las commelináceas presentes en el área de estudio y las especies de árboles utilizadas. De igual manera, se sugiere considerar la relación de la supervivencia con variables ambientales y edafológicas que puedan incidir en el establecimiento vegetal.

Agradecimientos

Al Departamento de Biología de la Universidad del Valle y la Fundación CIPAV por suministrar materiales y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto. a Dagoberto Sinisterra por su valiosa colaboración en las actividades de campo, al igual que el personal de vigilancia de la Estación Experimental del Departamento de Biología, en especial a Edinson Sánchez, Edinson Suárez y Efrén Balanta. Al grupo de investigación Ecología de Agroecosistemas y Hábitats Naturales (GEAHNA) por aportes en discusiones y seminarios. Al Profesor de la Facultad de Ingeniería, Henry Jiménez, al grupo de Investigación en Ecología y Diversidad Vegetal y la Fundación CIPAV por la donación de las plantas utilizadas en el experimento. A la Sección de Servicios Varios por su apoyo en las labores de siembra. A Yudy Guzmán de la División de Bibliotecas de la Universidad del Valle por los aportes de cartón para la instalación del acolchado. Al profesor James Montoya por su apoyo durante la fase final del proyecto. Al Herbario CUVC por el préstamo de los hornos el secado del material vegetal para las medidas de biomasa. Susan Posada contribuyó con la elaboración de la Figura 1. y la edición de las demás imágenes del artículo, a Andrés Felipe Jaramillo, por su apoyo con el análisis de datos.

Referencias bibliográficas

- [1] Adarve, J. B., Torres, A. M., Home, J., Vargas-Figueroa, J. A., Rivera, K., Duque, O. L.,... González, A. M.(2010). Estructura y riqueza florística del Parque Natural Regional El Vínculo – Buga, Colombia. *Cespedesia*, 32, 23-38.
- [2] Alvarez-Aquino, C., y Williams-Linera, G. (2012). Seedling survival and growth of tree species site condition and seasonality in Tropical Dry Forest Restoration. *Botanical Science*, 90, 311-331.
- [3] Arcila, A. M., Valderrama-Ardila, C., y Chacón de Ulloa, C. (2012). Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 13, 86-101.

- [4] Ammond, S., Litton, C., Ellsworth, L., y Leary, J. K. (2013). Restoration of native plant communities in a Hawaiian dry lowland ecosystem dominated by the invasive grass *Megathyrsus maximus*. *Applied Vegetation Science*, 16, 29-39.
- [5] Ammond, S. A, y Litton, C. M. (2012). Competition between Native Hawaiian Plants and the Invasive Grass *Megathyrsus maximus*: Implications of Functional Diversity for Ecological Restoration. *Restoration Ecology*, 20, 638-646.
- [6] Amoroso, G., Frangi, P., Piatti, R., Fini, A., y Ferrini, F. (2010). Effect of Mulching on Plant and Weed Growth Substrate Water Content, and Temperature in Container-grown Giant Arbovitae. *HortTechnology*, 20, 957-962.
- [7] Barajas-Guzmán, M. G., Campo, J., y Barradas, V. L. (2006). Soil water, nutrient availability and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a seasonally dry forest. *Plant Soil*, 287, 347-357.
- [8] Blanco-García, A., y Lindig-Cisneros, R. (2005). Incorporating Restoration in Sustainable Forestry Management: Using Pine-Bark Mulch to Improve Native Species Establishment on Tephra Deposits. *Restoration Ecology*, 13(4), 703-9.
- [9] Cantera, J. R. (2010). *Vida Silvestre en el Campus de la Universidad del Valle*. Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
- [10] Cárdenas D., Castaño, N., y Cárdenas, J. (2010). Análisis de riesgo de plantas introducidas en Colombia. En Baptiste, M.P., Castaño N., Cárdenas D., Gutiérrez F. P., Gil D. L. y Lasso C. A. (Ed.) (2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- [11] Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales. Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- [12] Cervantes, M., Ceccon, E., y Bonfil, C. (2014). Germination of Stored Seeds of Four Tree Species from the Tropical Dry Forest of Morelos, Mexico. *Botanical Sciences*, 92(2), 281-87.
- [13] Chaila, S., Cabrera, D. C., Sobrero, M. T., Díaz, L. P., y Nasif, A. M. M. (2012). Mecanismos de interferencia de *Panicum maximum* Jacq. en caña de azúcar para Tucumán (Argentina). XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na Era da Biotecnologia. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas.

- [14] Chalker-Scott, L. (2007). Impact of mulches on landscape plants and the environment - a review. *Journal of Environmental Horticulture*, 25, 239-249.
- [15] Consejo Superior de la Universidad del Valle. (2010). Acuerdo 004 marzo 26 de 2010. Por el cual se reconoce «El campus de la Universidad del Valle – Sede Meléndez, como Jardín Botánico Universitario». (12, 07, 2013) <http://secretariageneral.univalle.edu.co/consejosuperior/acuerdos/2010/Acu-004.pdf>
- [16] CVC (2014) *Descubriendo nuestro Territorio. Síntesis ambiental del Valle del Cauca*. Cali, Colombia: Corporación Autónoma del Valle del Cauca y Fundación Zoológica de Cali.
- [17] D'Antonio, C. M., y Vitousek, P. M. (1992). Biological Invasions by Exotic grasses, The Grass/Fire Cycle and Global Change. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 23, 63-87
- [18] Döring, T. F., Michael, B., Jürgen, H., Finckh, M. R., y Saucke, H. (2005). Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. *Field Crop Research*, 94, 238-249.
- [19] Evans, T., Faden, R., y Simpson, M. (2000). Phylogenetic Relationships in the Commelinaceae: I. A cladistics Analysis of Morphologic Data. *Systematic Botany*, 25, 668-691.
- [20] Espinal, L. S. (1968). *Visión ecológica del departamento del Valle del Cauca*. Cali:, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
- [21] Galindo, V. A. (2003). *Procesos condicionan la regeneración por semillas de la especie arbórea Laetia americana (Flacourtiaceae), en el Valle geográfico del Río Cauca* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- [22] García, H., Corzo, G., Isaacs, P., y Etter, A. (2014). Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. En Pizano, C, y García, H. (Ed.) (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- [23] Gómez-Zambrano, J., Pineda, A. B., y Prager, M. (2002). *Acolchados orgánicos (mulch)*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- [24] Henao-Gallego, N., Escobar-Ramírez, S., Calle, Z., Montoya-Lerma, J., y Armbrecht, I. (2012). An artificial aril designed to induce seed hauling by ants for ecological rehabilitation purposes. *Restoration Ecology*, 20(5), 555-560.
- [25] Herrera, S. (2009). *Árboles de la Universidad del Valle*. Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle.

- [26] Horn, R. (2008) Data transformation handout. (14-08-2014). <http://oak.ucc.nau.edu/rh232/courses/eps625/h&outs/data%20transformation%20h&out.pdf>
- [27] Isaac, W. A. P., Brathwaite, R. A. I., Cohen, J. E., y Bekele, I. (2007). Effects of alternative weed management strategies on *Commelina diffusa* Burm. Infestations in Fairtrade banana (*Musa s*) in St. Vincent & the Grendanins. *Crop Protection*, 26, 1219-1225.
- [28] Lintz, H.E., Huso, M., Stanley, K.C., y Taylor, T. (2011). Composting one invasive species to control another. *Restoration Ecology*, 19, 1-4.
- [29] Londoño, V., y Torres, A.M. (2014). Estructura y composición vegetal del bosque en regeneración del ecoparque Bataclán (Cali, Colombia). *Colombia Forestal*, 18, 71-85.
- [30] McCosker, T. H., y Teitzel, J. K. (1975). A review of guinea grass (*Panicum maximum*) for the wet tropics of Australia. *Tropical Grasslands*, 9, 177-189.
- [31] Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28, 581-589.
- [32] Mora-Osejo, L.E. (2004). *Morfología, sistemática y evolución de las Angiospermae*. Bogotá D. C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- [33] Morales, L., y Varón, T. (2006). *Árboles ornamentales en el Valle de Aburrá. Elementos de manejo*. Medellín, Colombia: área metropolitana del Valle de Aburrá, Oficina de Comunicaciones.
- [34] Newton, A. C., y Tejedor, N. (Ed.) (2011). *Principles and practice of forest landscape restoration. Case studies from drylands of Latin America*. Gland, Switzerland: UICN.
- [35] Núñez-Cruz, A., y Bonfil, C. (2013). Establecimiento inicial de tres especies del bosque tropical seco en un pastizal degradado: efectos del uso de acolchado y compost. *Agrociencia*, 47, 609-620.
- [36] Parra, G., y Adarve, J. (2001). Aspectos ecológicos de las comunidades vegetales del Parque Natural Regional El Vínculo. *Cespedesia*, 24, 39-68.
- [37] Parsons, J. (1972). Spread of African Pasture Grasses to American Tropics. *Journal of Range Management*, 25, 12-17.
- [38] Ramakrishna, A., Tam, H. M., Wani, S. P., y Long, T. D. (2006). Effect of mulch soil temperature, moisture weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Research*, 95, 115-125.

- [39] Ramos, J. E., y Silverstone, P. A. (1994). *Flora relictual del valle geográfico del río Cauca*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- [40] Ranwala, S. M. W., y Thushari, P. G. I. (2012). Current status and management options for invasive plants at the Mihintale Wildlife Sanctuary. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 40, 67-76.
- [41] Reyes-Gutiérrez, M., Sedano, R., y Durán, S. M. (2002). Lista anotada de la avifauna de la Universidad del Valle. *Boletín SAO*, 13, 12-25.
- [42] Rojas, O. (1984). Evolución de una sucesión vegetal en el Valle del Cauca: generalidades sobre el estudio de la dinámica de regeneración en la Estación Biológica El Vínculo, Buga, Valle del Cauca. *Cespedesia*, 13, 152-211.
- [43] Salazar, L. F., y Hincapié, E. (2007). Las arvenses y su manejo en los cafetales. En Arcila, P., Farfán, J., Moreno, F., Salazar, A. M., y Hincapié, L. F. (Ed.) *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- [44] Sánchez-Azofeifa, A., Quesada, M., Rodríguez, J. P., Nassar, J. M., Stoner, K. E., Castillo, A.,... Cuevas-Reyes, P. (2005). Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica*, 37, 477-485.
- [45] Serrano, P. A. (1996). *Agroclimatología*. Tunja, Colombia: Instituto Universitario Juan de Castellanos.
- [46] Torres, A. M., Adarve, J. B., Cárdenas, M., Vargas, J. A., Londoño, V., Rivera, K.,... González, A. M. (2012). Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca. *Biota Colombiana*, 13, 62-85.
- [47] Vargas, W. (2012). Los bosques secos del Valle del Cauca, Colombia: una aproximación a su flora actual. *Biota Colombiana*, 13, 102-164.
- [48] Vargas, W., y Ramírez, W. (2014). Lineamientos generales para la restauración del bosque seco en Colombia. En Pizano, C., y García, H. (Ed). (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- [49] Vargas-Figueroa, J.A. (2012). *Fisiología de semillas de Tecoma stans (Bignoniaceae), una especie de bosque seco tropical* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- [50] Vargas-Ríos, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16, 221-246.
- [51] Wade, M. K., y Sánchez, P. A. (1983). Mulching & Green manure applications for Continuous Crop Production in the Amazon Basine. *Agronomy Journal*, 75, 39-45.

- [52] Webb, R. H., Fenstmaker, L. F., Heaton, J. S., Hughson, D. L., McDonald, E. V., y Miller, M. D. (2009). *The Mojave Desert: ecosystem processes and sustainability*. University of Nevada Press.

Dirección de los autores

Juan Sebastián Posada Montoya
Biólogo, Universidad del Valle, Cali - Colombia
juan.posada@correounivalle.edu.co

Inge Armbrecht
Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali - Colombia
inge.armbrecht@correounivalle.edu.co

Víctor Galindo
Universidad del Valle y Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Cali - Colombia
victor@fun.cipav.org