

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Evaluation of grasses and legumes as cover and their influence on weed control in the establishment of citrus in the piedmont of Meta

Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras como coberturas y su influencia en el control de malezas en el establecimiento de cítricos en el piedemonte del Meta

Javier Orlando Orduz-Rodríguez^{1,2}, Claudia Liliana Calderón M.¹, Guillermo Bueno¹, José Eurípides Baquero P.¹

ABSTRACT

In order to develop sustainable management systems for growing citrus in the tropics, the behavior of two species of legumes and four grasses were evaluated and compared with mechanical and chemical control in high terrace conditions of the Meta piedmont. The trial was established *Desmodium ovalifolium* cv. Maquenque, *Paspalum notatum*, *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero, *Arachis pintoii* CIAT 18744, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Panicum maximum* CIAT 36000, and the controls herbicide, brushcutter + herbicide. Experimental located on the streets of the Valencia orange orchard in Corpoica's La Libertad research center in Villavicencio. The following variables were evaluated: the percentage of coverage and biomass production for two years, and resistance to penetration (RP) at the end of the experiment. To analyze the results, descriptive statistics, analysis of variance, and comparison using the least significant difference (LSD) were applied. The highest percentages of land cover on average were *A. pintoii*, *P. maximum*, and *B. dictyoneura*, with 96.98%, 95.98% and 94.5% land cover, respectively. In the 753 days after the test began, we found that *P. maximum* had produced 20,053 kg ha⁻¹ of dry matter, followed by *B. brizantha* with 13,624 kg ha⁻¹, which exceeded all other treatments statistically. However, *A. pintoii* was the species that generated the least RP, followed by *D. ovalifolium*. The results obtained show advantages in the use of coverage in the establishment phase of citrus such as weed control, reduced resistance to penetration, and the protection of soil from erosion by runoff.

Keywords: perennial crops, 'Valencia' orange, sustainability, acid soils.

RESUMEN

Con el propósito de desarrollar sistemas de manejo sostenible para el cultivo de cítricos en el trópico bajo, se evaluó el comportamiento de dos especies de leguminosas y cuatro gramíneas en comparación con el control mecánico y químico, en condiciones de terraza alta del Piedemonte del Meta. Se establecieron las especies *Desmodium ovalifolium* cv. Maquenque, *Paspalum notatum*, *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero, *Arachis pintoii* CIAT 18744, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Panicum maximum* CIAT 36000, y los controles herbicida, guadaña + herbicida. El área experimental se estableció en las calles de un cultivo de naranja Valencia del Centro Investigación La Libertad de Corpoica en Villavicencio. Se evaluaron las variables porcentaje de cobertura y producción de biomasa durante dos años, y resistencia a la penetración (RP) al finalizar el experimento. Para el análisis de los resultados se utilizó estadística descriptiva, análisis de varianza y comparación de medias con la diferencia mínima significativa (DMS). Los mayores porcentajes de cobertura del suelo se obtuvieron con *A. pintoii*, *P. maximum* y *B. dictyoneura*, con 96,98%; 95,98% y 94,5%, respectivamente. En los 753 días después de establecido el ensayo, se encontró que *P. maximum*, produjo 20.053 kg ha⁻¹ de materia seca, seguido de *B. brizantha* con 13.624 kg ha⁻¹, los cuales superaron estadísticamente a otros tratamientos. Por otro lado, *A. pintoii* fue la especie que generó la menor RP seguida de *D. ovalifolium*. Los resultados obtenidos señalan ventajas en el uso de coberturas en la fase de establecimiento del cultivo de cítricos en cuanto al control de malezas, disminución de la resistencia a la penetración y protección del suelo a la erosión por escorrentía.

Palabras clave: cultivos perennes, naranja 'Valencia', sostenibilidad, suelos ácidos.

Fecha de recepción: 28/09/2011
Fecha de aceptación: 28/10/2011

¹ Centro de Investigación La Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica. Villavicencio (Colombia).

² Autor para correspondencia: jorduz@corpoica.org.co

INTRODUCCIÓN

Los costos crecientes de los fertilizantes y herbicidas en los últimos años, y la necesidad de implementar prácticas

para el manejo integrado del cultivo de los cítricos (MIC), han generado el interés en el desarrollo de especies que sirvan como cobertura del suelo y controlen las malezas que pueden llegar a ser limitantes para los cítricos -en especial- en las primeras etapas de desarrollo.

Los cultivos de cobertura tienen como propósito cubrir el suelo de forma temporal o permanente. Pueden estar intercalados, en rotación con otras plantas y cumplen funciones como la supresión de arvenses, el aporte de nutrientes, protección de los suelos, retención de humedad, control de plagas y enfermedades, y fuente de alimentación humana y animal (Pound, 1999).

Estudios con coberturas como los de Soares *et al.* (2006), encontraron que *Arachis pintoi* presentó una producción anual de 8,5 t ha⁻¹ de MS y fijó 260 kg ha⁻¹ de N, además de influir en la acumulación de P, K y Ca. Otros estudios reportan además la disminución de la erosión y aumento de la infiltración. *Panicum maximum* cv. Tobiata y *B. brizantha* son especies que afectan significativamente la infiltración de agua en el suelo (por la capacidad de sus raíces de penetrar el subsuelo compactado), ocasionando el aumento de materia orgánica (Barber y Navarro, 1994). La siembra de cultivos de cobertura junto a especies perennes como aguacate, cacao, mango, palma, entre otras, protege el suelo contra la erosión hídrica y/o eólica, reduciendo las pérdidas por lixiviación de N y otros elementos móviles en el suelo hasta 60% (López y Vega, 2004). *A. pintoi* (cv. mani forrajero perenne), tiene capacidad para asociarse con diferentes especies de *Brachiaria* y presenta tolerancia a la inundación, y junto con *Desmodium heterocarpon* subsp. *ovalifolium* (cv. Maquenque), son excelentes alternativas para rehabilitar pasturas degradadas en los suelos ácidos (Plazas y Lascano, 2006). Por otra parte, debe tenerse en cuenta las necesidades hídricas y nutricionales que la cobertura requiere y completar con la aplicación de enmiendas y fertilizantes previstas para el cultivo de los cítricos (Agustí, 2003).

Durante la fase de establecimiento de los cítricos en el piedemonte del Meta, la superficie del lote queda expuesta a la radiación solar y se pueden presentar pérdidas de suelo por erosión de diversos tipos, siendo cubierta posteriormente por especies de arvenses no deseadas, que incrementan los costos de labores e insumos empleados para su control.

Lo anterior señala la necesidad de utilizar coberturas vivas en las calles del cultivo de cítricos como alternativa de manejo, y evaluar la eficiencia de especies de gramíneas y leguminosas recomendadas para suelos ácidos en los Llanos orientales en el control de arvenses en comparación

con el control mecánico y químico. Además establecer su efecto sobre la resistencia a la penetración del suelo, sirviendo como un indicador para la influencia sobre el enraizamiento de los árboles de cítricos.

Desmodium ovalifolium cv. Maquenque es una leguminosa que se utiliza comúnmente como cobertura en plantaciones de caucho y palma aceitera. En suelos del piedemonte llanero se presentó una producción anual de MS entre 8,6 a 10,3 t ha⁻¹, mientras en la altillanura varió entre 1,5 y 3,1 t ha⁻¹. Como cobertura, *D. ovalifolium* alcanzó 80% en época de lluvias en comparación al 55% del kudzu de uso tradicional (Pérez *et al.*, 2002); mientras que *A. pintoi* ha presentado un comportamiento sobresaliente como cobertura en cítricos en el piedemonte del Meta (Orduz, *et al.*, 2003)

El objetivo de este artículo es la selección de especies como coberturas en cultivos perennes que den protección al suelo y favorezcan el cultivo de cítricos. Además la disponibilidad de forraje, de interés para las fincas que integren la producción frutícola y ganadera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en un cultivo de naranja (*C. sinensis* [L.] Osbeck) injertada sobre el patrón mandarina Cleopatra (*C. reticulata* Blanco), ubicado en el Centro de Investigación La Libertad de Corpoica en Villavicencio (Meta). El suelo corresponde a una terraza alta que se caracteriza por el bajo contenido de nutrientes y la alta saturación de aluminio. Las condiciones climáticas medias son: precipitación 2800 mm, 26°C y una HR del 80%

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar y se evaluaron los siguientes tratamientos: *Desmodium ovalifolium* cv. Maquenque, *Paspalum notatum* (grama trencilla), *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero, *Arachis pintoi* CIAT 18744, herbicida (glifosato 1.5 L ha⁻¹), guadaña + herbicida, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Panicum maximum* (CIAT 36000). Cada unidad experimental correspondió a un área de 40 m² y tres repeticiones. Los tratamientos se ubicaron en las calles del cultivo de naranja 'Valencia'.

El establecimiento del ensayo inició en agosto de 2001 con la adecuación de las calles, iniciando con control químico de malezas, un pase de rastra, seguido por la aplicación de 2,5 t ha⁻¹ de cal dolomita 1,0 t ha⁻¹ de yeso y 1,0 t ha⁻¹ de calfos, la cual se incorporó con otro pase de rastra.

El establecimiento de las distintas especies se realizó a partir de material vegetativo 2 meses después de la adecuación, manteniendo una distancia de 50 cm entre

surcos y entre plantas. Por su parte *D. ovalifolium* se propagó mediante semilla utilizando 300 g ha⁻¹ en surcos distanciados a 80 cm. A los 30 días después de la siembra se hizo una fertilización (kg ha⁻¹) de 50 para potasio, 20 de magnesio, 12 de azufre y 50 de nitrógeno para las especies gramíneas.

Las mediciones se realizaron cuando las parcelas presentaban su máximo estado de acumulación de materia seca. Después del muestreo la parcela se homogenizaba con guadaña. El análisis de los resultados se hizo por medio de estadística descriptiva y análisis de varianza con posterior aplicación de la prueba diferencia mínima significativa (DMS).

Porcentaje de cobertura. A través de un cuadro de 0,5 m² se estimó los espacios ocupados por la cobertura y las arvenses tanto de hoja ancha como angosta.

Producción de biomasa. Con base en el área ya mencionada (0,5 m²), se determinó el peso fresco y peso seco.

Resistencia a la penetración (RP). Una vez finalizado el ensayo se hizo la evaluación de resistencia a la penetración con tres lecturas por repetición. Para medir esta variable se usó un penetrógrafo modelo 06.02 (Eijkelkamp, Agrisearch Equipment).

Las mediciones se realizaron a los 60, 110, 328 y 753 días después del establecimiento (dde). 60 días antes de cada evaluación se homogenizaron los tratamientos (Figuras 1 y 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de cobertura para el control de malezas

En la estructura de costos, el manejo de malezas junto con las aplicaciones de pesticidas y fertilizantes, son las actividades que involucran mayor cantidad de mano de obra y representan

un porcentaje significativo de los costos de producción del cultivo de naranja 'Valencia' en la región, 13% en el año 1, 14,5% entre los años 2 y 5, y 13,5% entre los años 8 y 12 (Mateus *et al.*, 2010). El porcentaje de cobertura de cada uno de los materiales evaluados, permite conocer la capacidad que tiene la especie para ocupar el espacio de suelo que pudiera ser colonizado por diferentes tipos de malezas o arvenses, disminuyendo significativamente los porcentajes de dichas actividades en la participación de la estructura de costos.

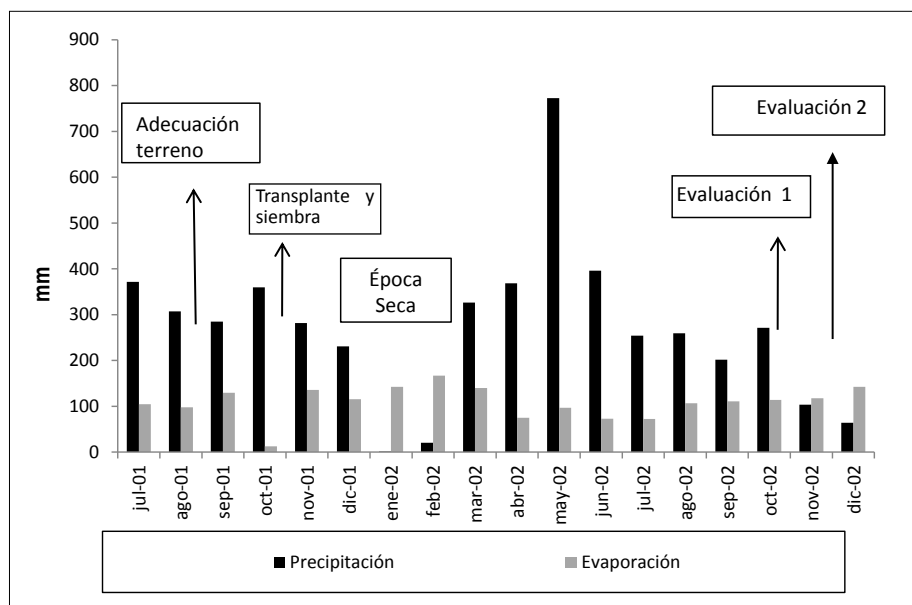


Figura 1. Comportamiento de la precipitación, evaporación en el semestre B del año 2001 y semestre A del 2002; establecimiento del experimento y fecha de evaluación de los tratamientos de cobertura en el primer año

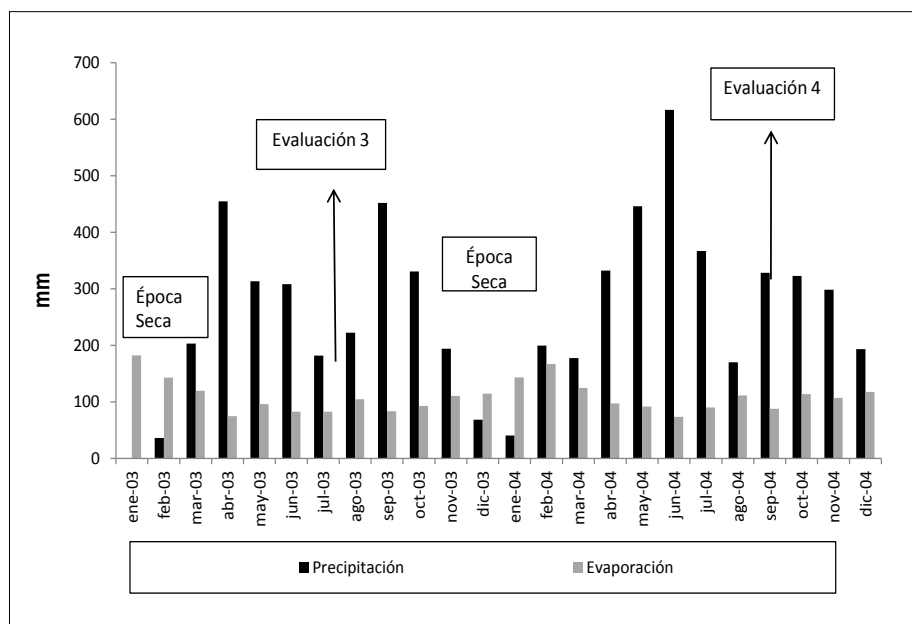


Figura 2. Comportamiento de la precipitación, evaporación del año 2003 y 2004 y fechas de evaluación de los tratamientos de coberturas

De acuerdo con la Tabla 1, a los 60 dde la especie que mejor se comporta es *A. pintoi*, que alcanza el valor más alto de cobertura (89,6%), seguido por *B. dictyoneura* cv. Llanero (86,0%), mientras que el valor más bajo lo reporta *B. brizantha* cv. Toledo (62%). Para esta misma época la acción del herbicida cubre el 71,6%, mientras el tratamiento guadaña+herbicida es de 68,3%.

En la 328 y 753 dde, los materiales mostraron buen comportamiento de forma general; 6 de los 8 tratamientos presentaron porcentajes mayores al 95% de cobertura vegetal, solo herbicida y guadaña+herbicida arrojaron resultados inferiores, siendo estadísticamente diferentes a los demás. El promedio de las evaluación señala a *A. pintoi*, como la especie que genera mayor cobertura vegetal.

Este comportamiento es confirmado por Pérez *et al.* (1996), quienes reportaron coberturas del 100% en monocultivos de *A. pintoi* bajo cítricos después de los 10-12 meses de establecimiento. En Costa Rica, según los mismos autores, *A. pintoi* presenta una alta producción de nudos y puntos de crecimiento, lo cual garantiza su multiplicación con material vegetativo; aunque produce menor cantidad de semilla en condiciones de trópico muy húmedo en comparación con otras accesiones (CIAT 18748 y 17434).

Por otro lado Rincón y Orduz (2004), confirman que el ecotipo *A. pintoi* (CIAT 18744), junto con el 18748, presentaron los mejores resultados al ser evaluados con otros tres materiales en las mismas condiciones ambientales (piedemonte del Meta), con porcentajes de 82% y 85% a los 8 meses.

Los pastos del género *Brachiaria*, en especial *B. brizantha* ha sido reportado en Venezuela como un material de superior comportamiento comparado con el pasto guinea, en relación con cobertura de suelo, altura de forraje, rendimiento de materia seca y contenido de proteína cruda (Pérez *et al.*, 1999), es posible que la diferencia con los resultados obtenidos en este ensayo se deban a las diferencias de oferta ambiental de las dos regiones.

Las especies limitantes para el cultivo de naranja encontradas en las evaluaciones realizadas son escobo (*Sida* spp.), botoncillo (*Eclipta alba*), piñita (*Murdania nudiflora*) y yerba de sapo (*Euphorbia hirta*), correspondientes a hojas anchas, y Caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), Guardarrojo, (*Digitaria sanguinalis*), Guinea, grama trencilla, y Ciperáceas, que corresponden a malezas de hojas angostas.

La presencia de arvenses en los tratamientos establecidos, se muestra en el Tabla 2.

Tabla 1. Cobertura de especies forrajeras en un cultivo de naranja 'Valencia' en el piedemonte del Meta (Colombia)

Tratamiento	60 dde	110 dde	328 dde	753 dde	Promedio
<i>D. ovalifolium</i> cv. Maquenque	64,3 bc	88,0 b	99,0 ab	98,0 a	87,33
<i>P. notatum</i>	74,0 abc	92,6 ab	99,3 ab	99,3 a	91,30
<i>B. dictyoneura</i> cv. Llanero	86,0 ab	92,0 ab	100 a	100 a	94,50
<i>A. pintoi</i> CIAT 18744	89,6 a	99,0 a	100 a	99,3 a	96,98
Herbicida	71,0 abc	84,6 b	96,6 b	75,6 b	81,95
Guadaña + herbicida	68,3 abc	90,0 ab	98,3 ab	88,6 ab	86,30
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	62,0 c	87,3 b	100 a	99,6 a	87,23
<i>P. maximum</i> CIAT 36000	85,3 ab	99,0 a	100 a	99,6 a	95,98
R ²	0,76	0,79	0,67	0,72	
Cv (%)	10,2	3,9	1,0	7,0	
DMS	22,2	10,5	3,0	19,0	

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba DMS ($P \leq 0,05$).

Tabla 2. Presencia de malezas de hoja ancha y hoja angosta en coberturas establecidas en un cultivo de naranja 'Valencia' en el piedemonte del Meta (Colombia).

Tratamiento	60 dde		328 dde	
	*HA (%)	**HAN (%)	HA (%)	Han (%)
<i>D. ovalifolium</i> cv. Maquenque	23,5	24,5	23,1	1,6
<i>P. notatum</i>	13,5	0	17,3	0
<i>B. dictyoneura</i> cv. Llanero	29	8,6	0	0
<i>A. pintoi</i>	23,7	9,2	22,2	0
Herbicida	20	29,5	78,5	3,1
Guadaña + herbicida	31,8	74,8	79	4,4
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	30,9	6,7	0	0
<i>P. maximum</i>	9,2	0	0	0

HA = hojas anchas; HAN = hojas angostas

En los tratamientos de herbicida y guadaña + herbicida, las malezas de hoja ancha alcanzan coberturas cercanas al 80% de la superficie y las de hoja angosta ocupan entre el 3.1 a 4.4% de la cobertura. (Tabla 2). Así mismo, se encuentra que si bien durante las evaluaciones el control de arvenses es alto con el herbicida y guadaña + herbicida (valores mayores al 70%, Tabla 1), una vez ocurren las lluvias la repoblación de estas especies es rápida, esto conlleva al control químico y mecánico nuevamente, lo cual impide la conservación de suelos y por ende afecta el desarrollo óptimo del cultivo a largo plazo. Soares *et al.* (2005), evaluó un Latosuelo Rojo (Bariri, Brasil), en un sistema tradicional de manejo cultivado con cítricos, las diferentes prácticas de manejo en este cultivo promueven impactos negativos. La compactación por acción mecánica de las labores de campo, afectó la estructura, elevó la densidad del suelo y redujo la tasa de infiltración en el perfil como la macro-porosidad.

Otro aspecto a tener en cuenta en este punto, es que mientras las coberturas protegen al suelo de la erosión mecánica, de la erosión ocasionada por el viento y la escorrentía, algunas de ellas como *A. pintoii* (y otras leguminosas), además son capaces de fijar N (Soares *et al.*, 2006). Soares *et al.* (2006), también afirmaron que frijol de porco y *B. brizantha* fueron las especies que presentaron mayor capacidad de reciclaje de los nutrientes C, N, P, K, Ca y Mg, en un estudio realizado sobre el potencial de coberturas como recicladoras de nutrientes, aunque en este caso *B. brizantha* no presentó el mejor comportamiento en porcentaje de cobertura.

Por otro lado, el uso de herbicidas además de representar un rubro importante en los costos de producción del cultivo por el uso de la mano de obra y los agroquímicos (Mateus *et al.*, 2010), deja el suelo desprotegido facilitando la erosión y lixiviación de nutrientes en épocas de lluvia. La compactación, que en el caso del cultivo de cítricos se da entre otras cosas por el uso frecuente de maquinaria y tránsito de personal, la exposición directa del suelo a la lluvia y la pérdida de suelo por escorrentía al eliminar la cobertura en las prácticas tradicionales, causa cambios en las propiedades físicas del suelo, aumentando la resistencia a la penetración y la densidad aparente y reduciendo la porosidad (Patterson, 1977). Todos estos efectos debidos al deficiente manejo del suelo, influyen en la producción final del cultivo y afectan la economía de los productores a mediano y corto plazo.

Producción de biomasa

P. maximum fue la cobertura que obtuvo la mayor producción acumulada de MS con 56.792 kg ha⁻¹, seguido por *B. brizantha* con 26.532 y *B. dyctioneura* cv. Llanero con 23.257;

Tabla 3. Producción de biomasa expresada en kg ha⁻¹ de MS durante cuatro cortes, en especies utilizadas como cobertura en cítricos en el piedemonte del Meta (Colombia)

Tratamiento	60 días	110 días	328 días	753 días
<i>D. ovalifolium</i> cv. Maquenque	1.154 b	1.197 d	4.753 b	4.061 b
<i>P. notatum</i>	1.212 b	1.589 d	2.921 b	2.713 b
<i>B. dyctioneura</i> cv. Llanero	2.501 b	2.170 c	13.178 b	5.858 b
<i>A. pintoii</i> CIAT 18744	1.006 b	3.669 b	15.745 ab	5.417 b
Herbicida	928 b	1.118 d	4.874 b	1.352 b
Guadaña +herbicida	1.090 b	1.074 d	3.099 b	1.485 b
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	2.270 b	2.293 c	8.345 b	13.624 a
<i>P. maximum</i> CIAT 36000	8.040 a	7.587 a	29.112 a	20.053 a
R ²	0,96	0,99	0,84	0,92
Cv	26,4	7,6	47,1	34,0
DMS	1.734,4	572,7	13.917	6.692

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba DMS ($P \leq 0,05$).

el último lugar de las gramíneas lo presentó *P. notatum* con 8.435. Dentro de las leguminosas *A. pintoii* obtuvo una producción acumulada de 25.891 kg ha⁻¹ de MS, seguido por *D. ovalifolium* con 11.165. Las menores producciones de biomasa acumulada se obtuvieron con el tratamiento de guadaña + herbicida con 6.768 kg ha⁻¹ de MS; mientras que el tratamiento de herbicida obtuvo 8.272 kg por hectárea de MS. (Tabla 3).

Las zonas donde se establecen cítricos en el departamento del Meta, son de tradición ganadera, es importante analizar los beneficios que puede traer para el pequeño y mediano productor la introducción de estas especies gramíneas y leguminosas como cobertura en los huertos y como fuente adicional para la alimentación del ganado. En este sentido el contenido de proteína y digestibilidad de los materiales es relevante, por lo cual se debe tener especial cuidado en los tiempos de ocupación y descanso de las parcelas, y la fase de crecimiento y desarrollo en la que se encuentra el árbol y el animal al momento de planificar el pastoreo dentro del huerto, con el fin de evitar daño en las plantas. Es importante mencionar, que este experimento no fue diseñado especialmente para evaluar el potencial de las coberturas para alimentación animal, y por lo mismo los muestreos no se realizaron en época seca, ni se hizo otro tipo de evaluaciones, sin embargo los resultados arrojados no sirven como indicador para ver la importancia de abordar esta alternativa.

La asociación de *D. ovalifolium* con *A. pintoii* proporciona una mejor cobertura, además de tolerar la sombra, esto ha permitido que sea utilizada en plantaciones de caucho y

palma. Especies de *Brachiaria* introducidas y leguminosas como *A. pintoii* y *D. ovalifolium* soportan pastoreos intensos con alta carga animal y períodos de descanso de 40 d máximo. De acuerdo con esto, la asociación de *B. dictyoneura* con *A. pintoii* o *D. ovalifolium* puede ser una buena alternativa para utilizar como cobertura en las calles de las plantaciones cítricas ya que presenta un alto porcentaje de cobertura y producción de biomasa aceptable (Tablas 1 y 3).

P. maximum y *B. brizantha* reportan alto potencial para la producción de forrajes con contenidos nutricionales moderados a altos, buena digestibilidad y palatabilidad, además permiten el pastoreo e igualmente el corte, acarreo, y henificación (Pardo y Pérez, 2010). Teniendo en cuenta la producción de biomasa (Tabla 3), y el porcentaje de cobertura (Tabla 1), en el tiempo de estudio, esta es una buena alternativa para suplir los requerimientos nutricionales de los animales en la época seca.

De esta forma si consideramos el manejo adecuado de una pradera para la alimentación de ganado en levante, estas asociaciones pueden ofrecer ciertos beneficios al productor, y podrían ser evaluadas en campo para determinar su rentabilidad.

Resistencia a la penetración (RP)

Al evaluar el efecto de estas coberturas (luego de casi dos años de establecidas), sobre la resistencia a la penetración (Figura 3), se encontraron valores inferiores a 1,5 MPa

en los primeros 15 cm de profundidad con todas las coberturas, así como en el uso de guadaña o de herbicidas. Para profundidades entre 15 a 40 cm se observó un incremento de la RP en todos los tratamientos con valores inferiores a 1,9 Mpa. Cabe destacar en este horizonte, que las menores RP se presentan con el uso del *A. pintoii* el cual muestra una ligera disminución entre los 20 y 30 cm (1,25 a 1,12 MPa). Entre los 40 y 60 cm continúa el incremento de la RP; la mayoría de tratamientos presentan RP superiores a 1,9 Mpa. Cabe resaltar en esta profundidad que nuevamente el *A. pintoii* es el que tiene los menores valores de RP con valores máximos de 1,65 Mpa a los 50 cm de profundidad.

En términos generales se observó que *A. pintoii* genera las menores resistencias a la penetración en todas las profundidades evaluadas, las cuales no superan el valor de 1,4 Mpa en los primeros 40 cm. Así mismo, se destacan los tratamientos con *D. ovalifolium* el cual a pesar de presentar valores superiores a *A. pintoii* en todas las profundidades, es también inferior a 1,9 (1,75 Mpa).

Los valores reportados de resistencia a la penetración para el crecimiento radicular de varios cultivos como cítricos, varían entre 1,4 a 3,5 Mpa (Aristizabal y Baquero, 1999; Beutler y Centurion, 2004; Araújo *et al.*, 2004; Beutler *et al.*, 2007; Tormena *et al.*, 2007). Aristizabal y Baquero (1999), encontraron que valores por encima de 1,4 MPa en Inceptisoles bajo arroz de inundación, generaba disturbios en la morfología y volumen de raíces de arroz,

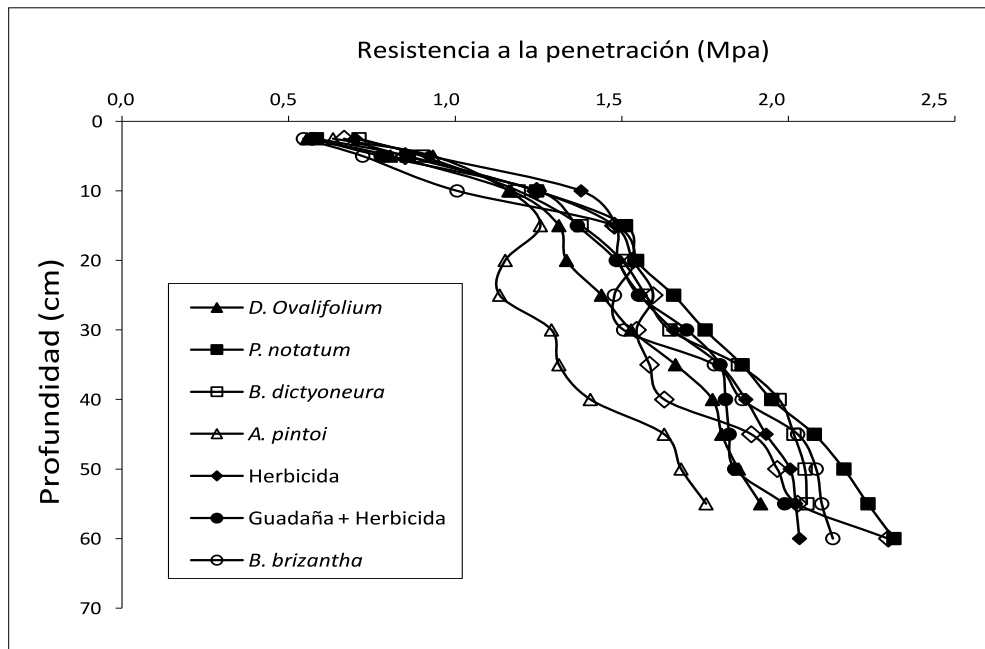


Figura 3. Valores medios de resistencia del suelo a la penetración en un Oxisol de terraza alta del Piedemonte del Meta (Colombia) bajo diferentes coberturas vegetales (contenido gravimétrica de agua dentro del perfil de 0,15-0,21 kg kg⁻¹)

generando disminuciones en producción. Tormena *et al.* (2007), determinó el valor de 3,5 Mpa como nivel crítico en oxisoles sometidos a diferentes sistemas de producción bajo siembra directa, justificando este alto valor a la presencia de bioporos continuos que pueden contribuir a la formación de rutas alternativas de baja RP, permitiendo el crecimiento de las raíces. Resultados similares fueron encontrados por Baquero *et al.* (2009), en el cultivo de caña con diferentes sistemas de uso en Oxisoles del Norte de Paraná, Brasil.

En la Figura 3, puede observarse que los dos valores más bajos de RP, corresponden a los suelos de las parcelas experimentales donde se sembraron las leguminosas. Esto se debe a que la baja retención de C/N que tienen las leguminosas, permite que se descompongan por completo, aportando al suelo importantes cantidades de materia orgánica (Ortiz y Ortiz, 1984). A medida que exista mayor granulación en el suelo (lo cual sucede con el aumento de la materia orgánica), tiende a aumentar el espacio poroso, disminuyendo la densidad, compactación y necesidad de laboreo (Cairo y Fundora, 1994).

De igual forma, Altieri y Schmidt (1986), afirman que introducir leguminosas en medio de cultivos frutales contribuye en la proliferación de micro hábitats para un gran número de microorganismos, insectos, etc. El movimiento de la mesofauna del suelo favorece el movimiento de nutrientes y oxígeno, mejorando su estructura y composición. Las gramíneas por su parte, son de difícil descomposición al compararse con las leguminosas, por lo cual su mayor importancia en este sentido, radica en el aporte que pueden hacer de nutrientes una vez que mueren.

El manejo convencional (herbicida y herbicida + guadaña), produce valores medios a altos de RP en los suelos de sus parcelas experimentales junto con las gramíneas, aunque en este caso, el valor más alto es el producido por *P. notatum*. Los mayores valores de RP, indican que dichos tratamientos no ayudan a evitar la compactación de suelo (pues todos los tratamientos se encontraban en igualdad de condiciones), por el contrario, permite que se reduzca el sistema

de macroporos, generando condiciones anaeróbicas en el suelo, y favoreciendo la reducción del oxígeno disponible, lo cual trae como consecuencias a mediano plazo la reducción en la desnitrificación, pérdida de nutrientes en las raíces y cambios en el metabolismo de las plantas.

CONCLUSIONES

Se puede señalar que el uso de coberturas como *B. brizantha*; *P. maximum*; *A. pintoi* y *D. ovalifolium* son alternativas importantes para ser establecidas en las calles de cultivo de cítricos con lo cual se mejora la resistencia a la penetración de raíces y se disminuye el uso de herbicidas: esto no solo conlleva a disminuir los costos de producción sino a un manejo más eficiente del cultivo.

Las leguminosas son las especies que generan las menores resistencias a la penetración, con un máximo de 1,75 Mpa a 60 cm de profundidad, lo cual señala la influencia de las mismas sobre las propiedades del suelo.

La biomasa producida por las especies de leguminosas y gramíneas utilizadas como cobertura pueden ser aprovechadas como alimento para ganado en la etapa de levante, o para su uso como heno o material para ensilar; sin embargo, se debe evaluar la combinación más apropiada así como determinar los tiempos de ocupación y descanso de las parcelas de tal manera que se mantenga la cobertura del suelo y el contenido de proteína en los materiales.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a: los directivos y personal administrativo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, CI La Libertad. A los asistentes de investigación: Carlos Arturo Toro y Heberth Velásquez; y los señores Capitolino Ciprian, Alfredo Pardo, David López y la compañera Melba Mora, por el acompañamiento, y apoyo durante el desarrollo del proyecto; a la I.A. Diana Mateus C., por su colaboración en la revisión del documento final. A Takumasa Kondo por la revisión del texto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí M. 2003. Citricultura. 2a ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Altieri M, Schmidt L. 1986. Cover crops affect insect and spider populations in apple orchards. *Calif Agric* 40(1):15-17.
- Araújo M, Tormena C, Silva A. 2004. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata. *Rev Bras Ciênc Solo* 28:337-345.
- Aristizabal D, Baquero J. 1999. Tecnologías conservacionistas para el manejo de suelos arroceros en la Orinoquia Colombiana. Boletín Técnico No. 15. Villavicencio, Colombia: Corpoica; Pronatta.
- Baquero J, Guimaraes M, Ralisch R, Tavares Filho J, Medina C, Pereira N, Valdez R, Rubiano H, Baquero Jr J. 2009. Aspectos morfológicos do solo e sua interação com resistência à penetração e distribuição de raízes em Latossolos Vermelhos sob cana-de-açúcar. En: *Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Fortaleza, Brasil.
- Barber RG, Navarro F. 1994. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops used in a soil trial. *Land Degrad Rehabil* 5:201-214.
- Beutler A, Centurion J, Silva A. 2007. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de Latossolos. *Eng Agríc* 27(1):146-151.
- Beutler AM, Centurion J. 2004. Resistência à penetração em latossolos: valor limitante à produtividade de arroz de sequeiro. *Ciênc Rural* 34(6):1793-1800.
- Castro M, Sánchez C. 1997. Biocombustibles. Monografías técnicas de energías renovables. Sevilla, España: Progensa.
- Corpoica, MADR; Comité de Ganaderos del Meta. 2009. Memorias, Curso Establecimiento y Manejo de Pastos y Forrajes en Suelos Ácidos. Villavicencio, Colombia.
- López A, Vega I. 2004. Cultivos de cobertura para sistemas de cultivos perennes. Guía Técnica No. 3. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Mateus D, Pulido X, Gutierrez A, Orduz J. 2010. Evaluación económica de la producción de cítricos cultivados en el Piedemonte del departamento del Meta durante 12 años. *Orinoquia* 14(1):87-99.
- Nacci S, Pla Sentis, I. 1992. Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el país. *Agron Trop* 42(1-2):115-132.
- Ortiz B, Ortiz C. 1984. Edafología. 4a ed. Chapingo, México: Ediciones Universidad Autónoma Chapingo. pp. 114-115.
- Orduz J, Caicedo S, Rincon A, Velasquez H. 2003. Uso del Maní forrajero (*Arachis pintoi*) como cobertura en cítricos. *Achagua* 29-33 pp.
- Patterson J. 1977. Soil compaction-effects on urban vegetation. *Arboriculture* 3:161-167.
- Pardo O, Pérez O. 2010. Alternativas forrajeras para los llanos orientales de Colombia. En: Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos. Villavicencio, Colombia: Corpoica. pp. 27-59.
- Plazas C, Lascano C. 2006. Alternativas de uso de leguminosas para los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 28(1):3-8.
- Pérez G, Faria J, González B. 1999. Evaluación agronómica de gramíneas forrajeras en Carora, estado Lara, Venezuela. *Rev Fac Agron LUZ* 16:621-636.
- Pérez S, Castillo E, Escalona M, Valles B, Jarillo J. 1996. Evaluación de *Arachis pintoi* CIAT 17434 en una plantación de naranja var. Valencia. En: Argel P, Ramírez A, editores. Experiencias regionales con *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe. Documento de Trabajo No. 159. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). pp. 188-193.
- Pérez R, Rincón A, Cipagauta M, Schmidt A, Plazas C, Lascano C. 2002. Maquenque (*Desmodium heterocarpon* (L) DC subsp. *ovalifolium* (Prain.) Ohashi CIAT 13651 Leguminosa de usos múltiples en sistemas agropecuarios en Colombia. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Pound B. 1999. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América Latina. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Rincón A, Orduz J. 2004. Usos alternativos de *Arachis pintoi*: Ecotipos promisorios como cobertura de suelos en el cultivo de cítricos. *Pasturas Tropicales* 26(2):1-8.
- Soares P, Silva De Resende A, Urquiaga S, Campello F, Franco AA. 2006. Estabelecimento, produção de fitomassa, acúmulo de macronutrientes e estimativa da fixação biológica de nitrogênio em *Arachis*. *Pasturas Tropicales* 28(2):18-25.
- Soares J, Espindola C, FOLONI L. 2005. Alteração física e morfológica em solos cultivados com citros e cana-de-açúcar, sob sistema tradicional de manejo. *Ciênc Rural* 35(2):353-359.
- Soares T, Fernandes A, Teixeira E, Tofoli C, Galvão J. 2006. Reciclagem de macronutrientes em plantas usadas para cobertura do solo [CD ROM]. En: *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação de Solo e Água*. Aracaju, Brasil: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Tormena CA, Araújo MA, Fidalski J, Costa JM. 2007. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sob sistemas de plantio direto. *Rev Bras Ciênc Solo* 31(2):211-219.
- Vicari R. 2002. Métodos para la estimación de la abundancia de la vegetación herbácea y arbórea. En: Universidad de Buenos Aires, www.biolo.bg.fcen.uba.ar/ecologia/TP3.pdf; consulta: junio de 2011.