



Aporte de biomasa al suelo con hojas, flores y frutos de *Calliandra calothyrsus* de dos años en Turrialba, Costa Rica.

(JJ Campos).

EFFECTO DE *Calliandra calothyrsus* SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

Los suelos de los trópicos en muchos casos son altamente productivos, pero también son muy susceptibles a deteriorarse si son sometidos a usos no apropiados. Las actividades agrícola y ganadera, casi como norma, no han puesto mayor atención a la fragilidad de este recurso; en consecuencia es muy frecuente encontrar suelos con fuertes problemas de erosión o compactación.

Las características físicas del suelo juegan un papel importante en el mantenimiento de la capacidad productiva sobre una base continua. En forestería, mantener y mejorar la productividad del suelo es un factor importante, si se parte del hecho de que usualmente la actividad forestal se ve obligada a desarrollarse en sitios deteriorados por otras actividades agrícolas.

La estructura es una característica física del suelo que depende de la textura, mineralogía, contenido de materia orgánica, actividad microbiótica y material parental; e influye sobre propiedades importantes como porosidad, impedimento mecánico al crecimiento de raíces,

capacidad de infiltración, permeabilidad y disponibilidad de humedad.

Entre los factores que influyen en el proceso de agregación de las partículas del suelo están: la textura, el contenido de materia orgánica, la actividad y descomposición de raíces, la actividad de los organismos del suelo, los cationes absorbidos por las partículas del suelo y el uso de la tierra (4). Además, el efecto de compactación es más temporal para cultivos perennes que para cultivos anuales que forman sus raíces en corto tiempo.

Page, citado por Chijioko (2), sugiere que los cambios más importantes de las características físicas del suelo, como resultado del cultivo de árboles, se presentan en la superficie o cerca de ella y se relacionan con el aporte de materia orgánica por la hojarasca. Rennie y Page aceptan que la forestación mejora la aireación y porosidad en los horizontes superficiales de los suelos (2). Dortingnac y Love, citados por Kandiah (7), en un es-

tudio de la influencia de la cobertura de plantas sobre la infiltración concluyen que el contenido de materia orgánica y la porosidad tuvieron una influencia significativa sobre la tasa de infiltración.

Pereira y otros (10) encontraron que las tasas de infiltración fueron en orden: pasto > cobertura de leguminosa > cultivos > suelo desnudo. Estos mismos autores indican que aunque *Leucaena glauca* dio menor cobertura, su sistema radicular es más vigoroso y la mejora en la aireación del suelo permanece por más tiempo luego que el terreno es arado.

La cobertura de leguminosas arbustivas mejora las propiedades físicas del suelo porque tienen una relación baja de C:N y no inmovilizan el nitrógeno del suelo como muchos pastos (9).

Este trabajo pretende cuantificar el efecto de *Calliandra calothyrsus* Meissn en rotaciones cortas sobre algunas propiedades físicas del suelo, como una alternativa de recuperación del mismo.

CARACTERISTICAS DEL SITIO

Para realizar el estudio se utilizó un ensayo de procedencias de *C. calothyrsus* plantado a 2 m x 1 m en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica. El sitio se ubica a 630 msnm, con precipitación media anual de 2636 mm y una temperatura media anual de 24,6°C. Ecológicamente se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo premontano (bmh-P); los suelos han sido clasificados al nivel del subgrupo como Typic Dystrandep (1).

El ensayo original descrito por Campos (1), consistió de bloques completos al azar con ocho procedencias de *Calliandra* spp y cinco repeticiones. Para efectos del análisis se mantuvo el diseño original y se seleccionó la mejor procedencia de *C. calothyrsus* (ex Indonesia, ex Guatemala); para comparar su efecto se usó la cobertura de pasto de *Panicum maximum* que se encuentra al lado del ensayo bajo condiciones similares de topografía y drenaje.

Antes de la plantación el sitio estaba cubierto por árboles de *Pinus caribaea* de siete años de edad y con *Toona ciliata* antes que el pino, abandonado e invadido por pasto (*P. maximum*). Las observaciones de campo después de tres años bajo plantación de *C. calothyrsus* indicaron una recuperación apreciable de la estructura del suelo a nivel superficial, donde claramente se observó la formación de agregados de hasta 5 mm, no así bajo el pasto, lo que motivó este estudio.

En cada una de las repeticiones de *C. calothyrsus* y *P. maximum* se tomaron tres muestras de suelo en los primeros 10 cm, ya que los cambios se esperan en los primeros horizontes. El laboratorio de suelos del CATIE hizo el análisis físico del suelo. El tamaño de partículas se determinó mediante el método de Boyoucos modificado por Hardy y Bazan (6). La compactación a través de la penetración (PE) se determinó sobre la superficie del suelo luego de eliminar la hojarasca; se utilizó un penetrómetro estático y se hicieron 15 mediciones en cada repetición.

La densidad aparente (DA) y la humedad se determinaron a partir de muestras no alteradas de 132,37 cm³; la densidad de partículas (DP) se estimó mediante el método del kerosene (5). La porosidad total (PO) en porcentaje se calculó con la fórmula $[(1-DA)/DP]*100$ (5). El contenido de materia orgánica (MO) se determinó mediante el método Walkelly y Black descrito por Díaz-Romeu y Hunter (3).

Las muestras para el análisis de agregados de partículas se secaron al horno a 50°C durante 12 horas. En el laboratorio las macroestructuras con un peso promedio de 280 g se colocaron en un tamizador rotatorio (Soil-test modelo CL-390) durante un minuto, y luego se pesaron los agregados de cada uno de los tamices de 4, 2, 1 y 0,25 mm. El diámetro de peso medio (DPM)*, también fue utilizado como un índice del tamaño de los agregados (8).

RESULTADOS

Los Cuadros 1 y 2 resumen las medidas de tendencia central de las doce variables cuantificadas para ambos cultivos y los cuadrados medios de error del análisis de variancia para todas las variables.

Al comparar los promedios de las doce características físicas estudiadas, se observó que el cultivo de *C. calothyrsus* mostró una ligera tendencia a mejorar la condición física del suelo con menor densidad aparente, después de 3,5 años de plantada.

El análisis de textura indica que en promedio estos suelos son arcillosos. Como se esperaba, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la textura. El sitio mostró una gradiente en el contenido de arena desde 40 por ciento en la parte alta hasta un 23 por ciento en la parte baja. La relación fue inversa para el contenido de limo y de arcilla.

El contenido de humedad fue de 42,7 por ciento bajo caliandra contra 51,4 por ciento bajo el pasto; esto puede interpretarse como efecto de la mayor porosidad del suelo bajo caliandra. El análisis de correlación simple mostró una relación positiva entre humedad y porosidad ($r = +0,30^{**}$) para el pasto; pero no hubo relación para las mismas variables bajo el cultivo de caliandra. Otro aspecto importante que ayuda a mejorar la porosidad es el tamaño de las raíces de caliandra que al final se traducirá en una mejor infiltración y menor erosión.

Aunque para la densidad aparente (DA) y la densidad de partículas (DP) tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sí se observó una ligera recuperación (menor DA) del suelo bajo *C. calothyrsus* (Cuadro 1). La matriz de correlación simple (Cuadro 3) mostró que la densidad de partículas estuvo correla-

* DPM = $\sum Xi Pi$, donde Xi es el tamaño medio de la fracción en mm y Pi el peso en g.

** Significativo al 5%^b.

Cuadro 1. Características de las variables del suelo analizadas bajo cobertura de *C. calothyrsus* (3,5 años) y *P. maximum* en Turrialba, Costa Rica.

Variables	Media		Desviación estándar		C.V. (%b)		Máximo		Mínimo	
	<i>C.calothyrsus</i>	<i>P.maximum</i>	<i>C.calothyrsus</i>	<i>P.maximum</i>	<i>C.calothyrsus</i>	<i>P.maximum</i>	<i>C.calothyrsus</i>	<i>P.maximum</i>	<i>C.calothyrsus</i>	<i>P.maximum</i>
Arena (%b)	31,28	34,53	10,20	10,97	32,62	31,75	51,60	48,40	17,60	16,00
Limo (%b)	20,45	18,45	7,94	3,59	38,83	19,41	46,00	26,00	10,20	12,00
Arcilla (%b)	49,63	47,01	9,34	8,34	18,80	17,75	62,60	59,80	16,80	31,60
Humedad (%b)	42,68	51,40	1,90	7,92	4,45	15,41	45,40	67,49	38,93	38,95
Mat. org (%b)	8,27	8,53	1,14	2,01	13,83	23,56	10,60	11,50	6,30	5,40
DA (g/cm ³)	1,15	1,19	0,09	0,09	7,45	7,95	1,25	1,42	0,91	1,08
DP (g/cm ³)	2,30	2,28	0,05	0,07	2,36	3,11	2,39	2,39	2,21	2,16
Porosidad (%b)	50,18	47,69	3,21	3,61	6,40	7,57	58,82	53,30	46,32	39,57
Penetración (kg/cm ²)	21,87	26,48	8,03	10,16	36,72	38,39	40,00	46,00	10,00	12,00
Agregados >2mm (g)	31,68	32,08	14,98	20,17	47,31	62,87	63,23	70,65	10,53	1,03
Agregados >1mm (g)	9,02	9,88	3,10	5,73	34,36	58,04	14,55	18,64	3,17	0,50
DPM (g*mm)	114,60	117,78	49,27	72,43	42,99	61,50	209,73	252,46	47,07	4,25

DA = Densidad aparente
 DP = Densidad de partículas
 DPM = Diámetro de peso medio

Cuadro 2. Cuadrados medios del error para el análisis de variancia de las propiedades físicas en los primeros 10 cm bajo dos tipos de cobertura

Fuente/var.	gl	AR	LM	AC	MO	HU	DA	DP	PO	PE	A>2	A>1	DPM
Tratamientos	1	79,38	30,00	2,82	0,51	571,33	0,016	0,003	46,52	798,10	1,18	5,44	75,87
Bloques	4	363,09**	23,25	179,39	8,41	71,30	0,009	0,011*	10,67	2070,70*	375,67	42,76	5263,20
Error Exp.	4	53,49	31,07	103,27	5,20**	88,12**	0,012	0,004	13,86	269,40	990,05**	71,75**	12556,45**
Residuo	20	73,73	42,27	103,70	1,04	14,58	0,007	0,0026	11,43	152,85	168,85	6,82	1808,01
Total	29												

AR = arena
 LM = limo
 AC = arcilla
 MO = materia org.
 HU = Humedad
 DA = densidad aparente
 DP = densidad real
 PO = porosidad
 PE = resistencia a la penetración
 A > 2 = agregados mayores a 2 mm
 A > 1 = agregados mayores a 1 mm
 DPM = diámetro de peso medio
 * = Significativo al 5^ob
 ** = significativo al 1^ob

cionada negativamente con el contenido de materia orgánica (MO) ($r = -0,73^{***}$), y positivamente con la densidad aparente (47%^b***) y con el contenido de arcilla ($r = 0,59^{***}$), tal y como era de esperarse.

El contenido de MO bajo el pasto fue un poco mayor que bajo la caliandra ($8,53 \pm 2,01\%$ y $8,27 \pm 1,14\%$); pero la diferencia no es significativa ($P < 0,05$). A pesar que la biomasa de caliandra fue cosechada a los dos años y eliminada de la parcela, el contenido de MO fue el mismo.

Se determinó una reducción de $4,6 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la penetración del suelo bajo caliandra con respecto al suelo bajo pasto, a pesar de que éste no fue pastoreado. Debido a la influencia que la compactación tiene sobre la infiltración y la erosión del suelo, se podría decir que el cultivo de caliandra tendió a disminuir la compactación y a reducir la erosión.

Para el tamaño de agregados entre 4 y 2 mm ($A > 2\text{mm}$) y entre 2 y 1 mm ($A > 1\text{mm}$), así como para el DPM no se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) y los valores fueron relativamente mayores en el suelo con pasto debido a su sistema radicular. Como lo indicó Troeh y otros (11), las raíces fibrosas del pasto ayudaron a producir agregados más estables, especialmente sobre 4 mm. Bajo caliandra la distribución del tamaño fue similar, pero la estabilidad disminuyó por falta de un sistema fibroso. Se espera que al igual que la alfalfa, las raíces profundas de la caliandra ayuden a abrir canales y la mejora física del suelo sea más duradera.

Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos se efectuó un análisis de correlación simple, uniendo las características evaluadas de ambos cultivos (Cuadro 3). El contenido de materia orgánica fue la variable que mejor se correlacionó con las demás, ayudando a disminuir la densidad aparente, densidad real y penetración, y aumentando la porosidad. El tamaño de agregados y el DPM mostraron independencia casi total con excepción del contenido de humedad ($r = -0,43^{***}$) y la penetración ($r = -0,48^{***}$), aunque esta última debe considerarse como dependiente del tamaño de los agregados.

***Significativo al 1^ob.

Cuadro 3. Matriz de correlación simple para las variables físicas evaluadas en los primeros 10 cm de suelo (n= 30)

Variables	AR	LM	AC	HU	MO
DA	-0,16ns	-0,08ns	0,24*	-0,08ns	-0,54**
DP	-0,43**	-0,07ns	0,59**	-0,36**	-0,73**
Porosidad	0,01ns	0,06ns	-0,04ns	-0,05ns	0,31**
Penetrac	-0,41**	0,06ns	0,23ns	0,20ns	-0,63**
A > 2	0,16ns	0,07ns	-0,11ns	-0,43**	0,19ns
A > 1	0,37**	-0,26*	-0,06ns	-0,38**	0,25*
DPM	0,20ns	0,01ns	-0,10ns	-0,43**	0,20ns
Bloques	-0,60**	0,18ns	0,34**	-0,01ns	-0,55**

A > 2 = Agregados mayores a 2 mm
 A > 1 = Agregados mayores a 1 mm
 DPM = Diámetro de peso medio

* = significativo al 5^ob
 ** = significativo al 1^ob
 ns = no significativo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que el suelo bajo *C. calothyrsus* presentó menor compactación y mayor porosidad, estadísticamente no se pudo comprobar que este cultivo mejore las características físicas del suelo después de 3,5 años de plantado al compararlo con *P. maximum*. Es posible que para evaluar el efecto de cultivos forestales sobre propiedades físicas en este tipo de suelos se deban emplear turnos más largos.

La posición de los bloques en la pendiente influyó significativamente en el contenido de arena ($P < 0,01$), la densidad de partículas ($P < 0,05$) y la penetración ($P < 0,05$). Además la posición de los bloques en la pendiente estuvo altamente correlacionada ($P < 0,01$) con el contenido de arcilla, densidad aparente, contenido de materia orgánica y tamaño de agregados.

El contenido de materia orgánica fue la variable que más influyó sobre las características físicas del suelo pues mostró una alta correlación con la mayoría de las características físicas evaluadas.

La variación de cada variable evaluada y estimada por el cuadrado medio de error del Cuadro 2, indica que para futuros muestreos sobre este tipo de suelos es recomendable aumentar la intensidad del muestreo.

Artículo escrito por:

William Vásquez, M.Sc.
 CATIE, Costa Rica

Revisión
 Héctor Martínez

Edición
 Elizabeth Mora

LITERATURA

- CAMPOS, J.J. 1985. Variación genotípica e interacción genotipo-ambiente en procedencias de *Calliandra* spp en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 88 p.
- CHIJOKE, E.O. 1984. Suelos de las regiones tropicales húmedas de tierras bajas; efectos causados por las especies de crecimiento rápido. FAO, Estudio Montes No. 21. Roma. 119 p.
- DIÁZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- ESTRIBI CHAVARRIA, C.A. 1984. Cambios edáficos e hidrológicos derivados de la conversión de bosque a pasto y charral (pasto abandonado) en una zona montañosa húmeda de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 139 p.
- FORSYTHE, W. 1975. Física de suelos, manual de laboratorio. San José, Costa Rica, IICA. 212 p.
- HARDY, R.; BAZAN, R. 1975. Análisis de textura, método de Boyoucus. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 5 p.
- KANDIAH, A. 1979. Influence of soil properties and crop cover on erodability of soils. In R. Lal and D.J. Greenland, eds. Soil physical properties and crop production in the tropics. New York, John Wiley & Sons. pp. 475-487.
- KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. 1965. Size distribution of aggregates. In Methods of soil analysis, Part 1. 1965. Black, C.A; et al., eds. U.S.A., American Society of Agronomy. PP 499-519.
- LAL, R. 1979. Effects of cultural and harvesting practices on soil physical conditions. In H. Mongi y P.A. Huxley, eds. Soil research in Agroforestry. Proceeding March 26-30, Nairobi, 1979. PP. 327-351.
- PEREIRA, H.C.; CHENERY, E.M.; MILLS, W.R. 1954. The transient effects of grasses on the structure of tropical soils. Empire Agriculture (England) 22(86):148-160.
- TROEH, F.R.; HOBBS, J.A.; DONAHUE, R.L. 1980. Cropping systems. In . Soil and water conservation; for productivity and environmental protection. New Jersey, U.S.A., Prentice-Hall. PP. 83-114.



Rebotes de *Calliandra calothyrsus* después de la primera cosecha. Obsérvese el pasto *Panicum maximum* al fondo. (JJ Campos).