

## ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS

*Gloria Elena Navas Ríos<sup>1</sup>*

Los suelos de la Orinoquia colombiana por su origen a partir de sedimentos aluviales y el efecto del clima tropical, con alternancia de períodos secos y húmedos, hacen que sean frágiles y susceptibles a una rápida degradación. Las prácticas tradicionales de manejo que se han venido realizando en los sistemas de producción agropecuarios tales como: sobrepreparación de los suelos, siembra de monocultivos limpios y escasas rotaciones, alto uso de insumos, especialmente insecticidas y herbicidas, potreros limpios sin árboles de sombrío ni cercas vivas, sobrepastoreo de las praderas, bajo uso de leguminosas y tala de bosques de galería, contribuyen con el deterioro físico, químico y biológico del suelo.

Esta situación ha conllevado a que en la Orinoquia colombiana solo un 38% de los suelos no presenten ningún tipo de erosión, mientras que un 39.9% sufren de erosión ligera a moderada y un 20.9% están afectados por erosión severa (IGAC, 1978).

Para poder lograr la conservación, el mejoramiento, la recuperación de la fertilidad y las características físicas de los suelos de los Llanos Orientales, son necesarios aportes continuos y sostenidos de materia orgánica y la utilización racional de especies y tipos de plantas que contribuyan a garantizar el adecuado reciclaje de nutrientes y la estabilidad de los sistemas de producción.

A partir de la década del 70, con la evidencia de los efectos negativos de la "Revolución verde" como la degradación productiva de los suelos, se han vuelto a revalidar y considerar útiles las prácticas de rotación de cultivos, reciclaje de residuos orgánicos y de nutrientes, la agroforestería y el uso de abonos verdes como alternativas para hacer más sostenibles los sistemas de producción.

---

<sup>1</sup> I.A., M. Sc. Suelos. Investigadora Programa Regional Agrícola. CORPOICA, C.I. La Libertad. Villavicencio, Meta.

## Abonos verdes y cobertura en la recuperación de suelos

El uso de los abonos verdes en las prácticas agrícolas se remonta a la historia de los pueblos antiguos que como los chinos, griegos y romanos los utilizaron antes de la era cristiana. Hay evidencias de que los pueblos precolombinos hicieron uso de ellos hace más de 5.000 años.

El concepto clásico de abono verde consiste en la práctica de incorporar al suelo una masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas con el fin de aumentar la materia orgánica y aportar nutrientes para un cultivo principal subsiguiente (Brandjes et al., 1989).

Piamonte (1997) propone ampliar el concepto de abono verde a la utilización de cualquier planta en rotación, sucesión o asociación con los cultivos, incorporándolas al suelo o dejándolas en la superficie como una cobertura, con el objeto de mantener y mejorar las características físicas, químicas y biológicas.

En este nuevo concepto es importante que las especies vegetales provean buena cobertura para la protección del suelo, tengan un sistema radicular profundo que ayuden al rompimiento de capas compactas, contribuyan a aumentar la actividad biológica y que algunas especies permitan la opción de cosecha de sus productos, para contribuir con un ingreso directo al agricultor o que eventualmente su forraje pueda usarse en la alimentación animal. La Tabla 1 presenta el aporte de nutrientes y contenido de proteína cruda de algunos materiales vegetales con alto potencial de uso como abono verde o cobertura y en la alimentación animal.

La descomposición del material vegetal adicionado al suelo es un proceso esencialmente biológico, realizado principalmente por los hongos que predominan en los suelos ácidos y las bacterias que abundan en los suelos con pH cercanos a la neutralidad (Calegari et al., 1993), se ve afectada por los contenidos de celulosa y lignina del tejido vegetal. La descomposición está inversamente relacionada con el contenido de lignina o relación C/N, es decir que mientras más alta sea ésta, más lenta es aquella.

Thomas (1995), en un suelo ácido del C.I. Carimagua, reporta para cultivos incorporados, 32 días de duración de la descomposición del caupí y 48 días para la soca de arroz. El caupí aportó al suelo 2.8% de N y 0.2% de P y la soca de arroz aportó 0.92% de N y 0.08% de P. Por esto, se recomienda sembrar el cultivo principal pocos días después de la incorporación del abono verde fresco, porque su relación C/N es baja y habrá una liberación rápida de nutrientes; pero si el material vegetal está seco, su

Tabla 1. Aporte de nutrientes (kg/ha) de diferentes especies vegetales como abono verde y cobertura, a 50% de floración, en un suelo oxisol, CI La Libertad, Villavicencio. 1999 - 2000.

Genotipo	N	P	K	Ca	Mg	Proteína Cruda %
	(Kg/ha)					
<i>Crotalaria Juncea</i>	41	2	36	2	5	--
<i>Crotalaria Ochroleuca</i>	211	14	125	14	17	10-12
<i>Crotalaria Anagyroides</i>	70	10	84	17	10	10-14
<i>Crotalaria Retusa</i>	58	7	65	12	7	--
<i>Crotalaria Spectabilis</i>	127	12	125	26	10	--
<i>Crotalaria Lanceolata</i>	48	2	38	2	2	--
<i>Crotalaria Pallida</i>	139	7	62	10	10	--
<i>Caupí Llanura</i>	326	46	293	67	38	13-18
<i>Caupí Calamari</i>	139	22	149	26	19	13-19
<i>Caupí L-590</i>	132	17	120	29	14	14-17
<i>Caupí L-520</i>	48	7	46	7	5	15-19
<i>Cannavalia ensiformis</i>	12	19	110	21	9	15-16
<i>Mucuna Deeringianum</i>	177	16	107	9	8	13-17
<i>Pennisetum glaucum</i>	47	19	149	18	19	9-12

Fuente: Navas y Bernal, 1999; Bernal, 2001.

relación C/N será alta y en su descomposición extraerá N del suelo perjudicando al cultivo principal.

Los abonos verdes se pueden utilizar de diversas maneras:

**Abono verde en asociación con cultivos anuales**, por ejemplo: vitabosa *Stizolobium deeringianum* y *Cannavalia ensiformis* (Navas y otros, 1997); *Vicia villosa*, *Pisum sativum*, *Secale cereale* con los cultivos de millo, soya, arroz y gramíneas en Brasil (Derpsch y Calegari et al., 1992 y Calegari et al., 1993).

**Abono verde en asociación con cultivos perennes**, por ejemplo: *Arachis pintoii*, crotalaria, soya perenne, guandul, mucuna, calopogonio y caupí con cítricos en Colombia y Brasil; *cannavalia*, soya perenne, crotalaria, kudzú, caupí y mucuna en plantaciones bananeras; kudzú en caucho; mucuna, crotalaria y leucaena en café.

**Abono verde en franjas y/o en cóctel** (mezcla de leguminosas), algunos ejemplos son: el cultivo de yuca con franjas de crotalaria y guandul; millo y arroz de secano

con franjas de guandul y leucaena; trigo con franjas de *Lupinus* sp y algodón con franjas de soya (Calegari et al, 1993); *Arachis pintoi* con *Brachiaria decumbens*; *Desmodium ovalifolium*, *Arachis pintoi*, *Pueraria phaseoloides* y *Centrosema* sp con *Brachiaria* spp. (Pérez et al., 1993).

**Abono verde con perenne**, algunas especies como: *Erythrina glauca*, *Guazuma ulmifolia*, *Cajanus cajan*, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* (Sánchez, 1995) y específico para suelos ácidos: *Acacia mangium*, *Calliandra calothyrsus*, *Cassia siamea*, *Ledespedeza pubescens*, *Desmodium giroides* y *Desmodium virgatum* (Pandey, 1991).

Otros usos de los abonos verdes son en rotación con cultivos anuales y como cobertura.

**El abono verde en rotación con los cultivos anuales** es la forma más común de utilización. Consiste en sembrar las especies vegetales como abono verde, generalmente en el segundo semestre del año, para aprovechar su efecto benéfico sobre el siguiente cultivo comercial. Algunos ejemplos son el uso de crotalaria, cannalia, guandul y caupí en rotación con los cultivos de arroz, maíz, sorgo, algodón y ajonjolí; la soya es una excelente alternativa de rotación de cultivos, para el segundo semestre, dando como resultado un adecuado manejo del suelo, al mejorar ciertas características químicas y físicas del mismo, e incidiendo en la disminución de plagas, enfermedades y malezas en el cultivo siguiente.

**Abono verde como cobertura:** son plantas sembradas para proteger el suelo contra la erosión. Algunas especies utilizadas son vitabosa *Stizolobium deeringianum* en Colombia (Mila, 1990), *Mucuna pruriens* var. *Utilis* en Honduras y el sudeste de Nigeria (Flores, 1992; Ile et al., 1996), canola y nolso forrajero como cobertura de invierno en Brasil (Fundação ABC, 1981). Cuando los abonos verdes son dejados como cobertura muerta, pueden presentar limitaciones en cuanto a incidencia de plagas y enfermedades, ya que pueden crear un ambiente favorable para el desarrollo de insectos y patógenos.

En la región, la alternativa de producción utilizando leguminosas como caupí (*Vigna unguiculata*), *Cannalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* y Vitabosa o *Mucuna* (*Stizolobium deeringianum*), como cobertura o para incorporarlos, contribuyen a la protección del suelo contra la lluvia y vientos, aportan materia orgánica y nutrientes, aumentan población y diversidad de microorganismos y mesofauna y ayudan a la agregación del suelo, mejorando aireación y drenaje.

En general, con el uso de los abonos verdes, se hace una utilización más intensiva del recurso suelo, se controla la erosión, se disminuye la infestación de malezas, la pérdida de nutrientes por lixiviación y la temperatura del suelo, favoreciendo la actividad biológica y el desarrollo de los cultivos.

### Sistemas de labranza y rotación de cultivos en la recuperación de suelos

Entre los factores que limitan la producción de soya, están el deterioro de las propiedades físicas, especialmente en los suelos agrícolas de vega que han estado sometidos por más de 20 años a una agricultura intensiva, con excesiva e inadecuada preparación, que causan problemas de encostramiento superficial y compactación, y que presentan capas endurecidas entre los 10 y 20 cm de profundidad, con altos valores de resistencia a la penetración y densidad aparente. Para la soya, se reporta como nivel crítico de resistencia 0.3 MPa, valores que limitan el desarrollo de las raíces a través del perfil, el movimiento del agua, aire y la absorción de nutrientes del suelo. En la Tabla 2 se observa que hay presencia de una capa compacta a partir de los 10 cm de profundidad, en evaluaciones realizadas en dos localidades.

Como prácticas de manejo en estos suelos agrícolas para su habilitación y en los de las sabanas ácidas que son particularmente sensibles a la degradación y erosión, se recomienda un uso racional de implementos en la preparación, con un adecuado contenido de humedad. Son útiles los cinceles fijos y vibratorios para romper las capas compactas, mejorar la aireación y el drenaje del agua en el suelo.

Tabla 2. Medidas de resistencia de dos suelos de vega en Granada y Villavicencio (Meta) para el cultivo de la soya.

Profundidad suelo (cm)	Resistencia (MPa)*	
	Granada	Villavicencio
0-6	1.36	1.11
6-12	2.77	2.63
12-18	2.84	3.12
18-24	2.17	3.62
24-30	2.45	3.31
30-36	2.52	1.83
36-42	2.41	1.83

\* MPa = Megapascal

Fuente: Navas y otros, 1997.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Otra práctica es la rotación de cultivos, donde la soya es fundamental como cultivo del segundo semestre complementaria a los cultivos del primer semestre: maíz y arroz.

Algunas experiencias con varios sistemas de labranza y rotación de cultivos en suelos de vega del río Ariari (Granada), químicamente buenos pero con la presencia de una capa compacta a 10 cm de profundidad, con altos valores de resistencia (0.40 y 2.35 MPa) para el desarrollo de raíces y altos valores de densidad aparente de 1.43 g/cc a los 10 cm de profundidad, y entre 1.64 y 1.67g/cc entre los 10 y 30 cm de profundidad se presentan a continuación.

Se establecieron cuatro sistemas de labranza: convencional con 6 pases de implementos entre arado, rastra y pulidor; cincel rígido; cincel vibratorio y una labranza mínima con un pase de cincel rígido más dos pases de pulidor. Los rendimientos de los cultivos en estos suelos con problemas físicos fueron medios para el sorgo (entre 2.947 y 3.353 kg/ha) y la soya (1.760 y 2.374 kg/ha) y bajos para el caupí (1.547 y 1.967 kg/ha); esta última especie se utiliza como cobertura o se incorpora al suelo como abono verde para mejorar física, química y biológicamente los suelos, Tabla 3.

Tabla 3. Producción de sorgo Sorghica real 40, soya Soyica P-34 y caupí ICA Menegua en suelos con problemas físicos. Granada. 1995B.

Labranza	Sorgo	Soya	Caupí
	Kg/ha		
Convencional (IA+2R+3P)	3.353	1.760	1.967
Cincel rígido (ICR+2R+2P)	3.150	2.236	1.547
Cincel vibratorio (IR+ICV+2P)	3.150	2.474	1.768
Labranza mínima (ICR+2P)	2.947	1.760	1.895

Fuente: Navas y otros, 1997.

A = arado; R= rastra; P= pulidor; CR= Cincel rígido; CV = Cincel vibratorio.

Lo importante de la rotación con cultivos de segundo semestre como la soya y el sorgo es su efecto sobre los cultivos de arroz y maíz. En la parcela donde había sorgo, las producciones de arroz (2.692 y 3.207 kg/ha) y maíz (1.410 y 1.867 kg/ha) fueron más bajas que las producciones de arroz (2.673 y 3.562 kg/ha) y maíz (2.900 y 3.563 kg/ha) obtenidas en las parcelas donde había soya.

Estas rotaciones con sorgo, soya y caupí (incorporado como abono verde) con los diferentes sistemas de labranza, aumentan los contenidos de las bases intercambiables Ca, Mg y K, el contenido de Mn y disminuyen el Al intercambiable del suelo, Tabla 4.

Tabla 4. Efecto de las labranzas en el contenido de Al, bases intercambiables y Mn del suelo. Granada. 1995B y 1996A.

Labranza*	AL	Ca	Mg Meq/1000g	K	Mn ppm
Inicial 95B	0.8	1.73	0.50	0.10	51.0
Convencional	0.5	2.70	0.87	0.22	67.1
Cinzel rígido	0.5	2.49	0.76	0.18	60.8
Cin Vibratorio	0.8	2.19	0.71	0.19	58.6
Mínima	0.6	2.42	0.81	0.20	62.2

Convencional\*: 1 arado + 2 rastra + 3 pulidor

Cinzel rígido: 1 cinzel rígido + 2 rastra + 2 pulidor

Cinzel vibratorio: 1 rastra + 1 cinzel vibratorio + 2 pulidor

Mínima: 1 cinzel rígido + 2 pulidor.

Fuente: Navas y otros, 1997.

En relación con el efecto de los sistemas de labranza en las propiedades físicas del suelo como es la resistencia mecánica, se observa disminución de los valores de resistencia (entre 1.07 y 1.39 MPa en maíz y entre 1.02 y 1.39 MPa en arroz) en los primeros 24 cm de profundidad en la labranza mínima, respecto a la convencional (valores entre 1.11 y 1.40 MPa en maíz y entre 1.01 y 1.43 MPa en arroz). Igualmente el suelo con labranza mínima en ambos cultivos presenta los mismos valores de densidad aparente (entre 1.36 y 1.39 g/cc en maíz y entre 1.39 y 1.51 Mpa con arroz) y los mayores valores de porosidad total (entre 49.4 y 505% en maíz y entre 45.1 y 49.4% en arroz) respecto a la labranza convencional (con valores de densidad aparente entre 1.39 y 1.52 g/cc y una porosidad total entre 44.7 y 49,4 % con maíz y entre 1.47 y 1.57 g/cc entre 42.9 y 46.5% con arroz).

Como conclusión, es importante que el contenido de humedad del suelo a la preparación sea el adecuado, usar racionalmente la maquinaria agrícola, incluyendo preferiblemente los cinceles rígidos o vibratorios para romper las capas compactas, manejar la rotación de maíz y arroz con leguminosas como soya y, si se puede incluir la siembra de otros materiales como caupí, crotalaria, cannavalia y vitabosa como cobertura o incorporados al suelo, para mejorar y recuperar los suelos agrícolas degradados y conservar y/o mejorar los suelos ácidos de los ecosistemas de sabana.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BERNAL, J. 2001. Informe anual, CORPOICA Regional 8. Villavicencio, Meta.
2. BRANDJES, P.; VANDONGEN, P.; VANDERVEER, A. 1989. Green manuring and other forms of soil improvement in the Tropics. Agrodok 28. Wageningen. 33 p.
3. CAICEDO, S.; BERNAL, J.; NAVAS, G.E.; SALAMANCA, C.R.; LEÓN G.; CHACÓN, A.; GUEVARA, J. Y JARAMILLO, C. 2001. Informe final: ajuste y validación de labranza de conservación y rotación de cultivos para el sistema de producción agrícola sostenible del Piedemonte metense. 50 p.
4. CAICEDO, G.S.; VALENCIA, R.; SALAMANCA S., C.R.; LEÓN, G. Y REY, V. 1994. Producción competitiva y sostenible con la variedad Soyica Altillanura 2 en suelos ácidos ICA-CORPOICA Regional 8. 24 p.
5. CALEGARI, A.; BULISANIE, A.; WILDNER, L.P.; 1993. BALTASAR, M.; BARDAVIL, A.P.; MIYASACA, S.; AMADO, C.T. 1993. Adubacao verde no sul do Brasil. 2da. edicao, AS-PTA Assesoria e servicios a projetos em agricultura alternativa. Rio de Janeiro. 12 p.
6. CORPOICA REGIONAL 8-COAGRO. 1998. Tecnología para la producción de soya y usos alternativos en el Piedemonte Llanero. Manual de asistencia técnica No. 2. 95 p.
7. DERPSCH, R. y CALEGARI, A. 1992. Plantas para adubacao verde de invierno. Instituto Agronómico de Paraná. Londrina, PR. Circular No. 73. 2ª edición. 77 p.
8. FLORES, M. 1992. Uso práctico de los cultivos de cobertura. ILEIA. News letter for low external input and sustainable agriculture. Vol. 4. P. 15.
9. FUNDACAO ABC. 1981. Curso intensivo sobre plantio direto Na Palha. Resumos. Fundação ABC para asistencia e divulgacao tecnica agropecuaria Rodovira. PR. 151. 103 p.
10. ILE, E.; HAMANDINA, L.K.; KUFA, K. 1996. Efectos de *Mucuna pruriensis* var. utilis sobre el crecimiento del maíz (*Zea mays*) en un Ultisol del sudeste de Nigeria. File Crops research. Vol. 48: 135-140.
11. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1995. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santafé de Bogotá, D.C. 632 p.
12. IGAC. 1978. Capacidad de uso actual y futuro de las tierras de la Orinoquia Colombiana. Subdirección agroecológica. Bogotá.

13. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1993. Aspectos técnicos del cultivo de la soya en los Llanos Orientales con énfasis en la reducción de costos de producción. Ciclo de conferencias-resúmenes. 24 p.
14. ICA-CORPOICA REGIONAL 5. 1994. El cultivo de la soya. Manual de asistencia técnica No. 60. 461 p.
15. ICA. 1988. El cultivo de soya (*Glycine max* (L) Merril) en suelos de vega del Piedemonte llanero. Boletín técnico No. 173. 34 p.
16. JAIME, W.; NAVAS, G.E.; SALAMANCA, C.R. Y CONDE, A. 2002. Estudio detallado de suelos de 637 Has del predio La fazenda, municipio de Puerto López, Meta, Colombia. CORPOICA, Regional 8. 110 p.
17. MILA, P.A. 1990. Estudio preliminar de la producción de biomasa del frijol terciopelo o vitabosa (*Stizolobium deerigianum*) y su efecto como abono verde en la fertilidad de un suelo CRI Tulenapa, Urabá antioqueño. Suelos Ecuatoriales 20 (2): 74-77.
18. NAVAS, G.E. y BERNAL, J. 1999. Caracterización de leguminosas como abono verde para los sistemas de producción del piedemonte llanero y altillanura colombiana. CORPOICA - SENA. Boletín Técnico No. 16. Villavicencio, Meta. 46 p.
19. NAVAS, G.; CHACÓN, A. y OBANDO, F. 1997. Informe anual. Corpoica, Regional 8. Villavicencio, Meta.
20. NAVAS R., G.E. y DELGADO H., H. 1997. Potencialidad del uso de los abonos verdes en el mejoramiento de suelos de los Llanos Orientales. CORPOICA REGIONAL 8 -SENA. Boletín Técnico No. 4. 30 p.
21. PANDEY, R.K. 1991. A primer on Organic-Based Rice Farming. IRRI. International Rice Institute, Philippines and International of Tropical Agriculture, Nigeria. 201 p.
22. PÉREZ B., R; ACOSTA A., A; NAVAS R., G. 1994. El pasto *Brachiaria*: Características, manejo y producción animal en la Orinoquia Colombiana. ICA. Boletín Técnico No. 277. 32 p.
23. PIAMONTE, R. 1997. Abonos verdes. En: Agricultura ecológica sostenible. Memorias de Congreso Nacional, agosto 1996, Secretaría de Agricultura de Antioquia (ed). Cuadernos académicos Quirama No. 15: 9-28.
24. SÁNCHEZ, S.L.F. Y GONZÁLEZ, H.F. 1999. Una aproximación sobre el presente y el futuro de la Orinoquia Colombiana. Revista SIAL Vol. 6 (2): 39-49.
25. SÁNCHEZ, T.M.H. 1995. Especies arbóreas potenciales. CORPOICA regional 9, Creced Magdalena Medio Caldense. 32 p.

26. THOMAS, R.J. 1995. Mechanistic understanding and models of soils chemical, physical and biological processes in agropastoral and sequential crops productions systems. In: CIAT Annual Report 1995. 65 p.