

MANEJO DE COBERTURAS Y ABONOS VERDES EN ROTACIÓN DE CULTIVO

Gloria Elena Navas Ríos

Cultivos de cobertura, son aquellas plantas que se siembran para cubrir el suelo, sin importar, si en el futuro serán o no incorporadas. Así, aunque se usen para cubrir y proteger la superficie del suelo, también pueden ser incorporadas como abonos verdes. Además, el término cultivos de cobertura incluye plantas sembradas entre las calles de huertos de frutales o durante el periodo entre un cultivo y otro, con el objetivo de proteger la tierra de la erosión y lixiviación (Martín 1975) (Diver y Sullivan, 1992) escribieron "Cualquier cultivo o forraje sembrado para proporcionar cobertura al suelo es un cultivo de cobertura". Entonces, ya que un cultivo de cobertura puede ser más tarde incorporado como abono verde, los dos conceptos a menudo se usan indistintamente.

El concepto clásico de abonos verdes, es 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 el cultivo principal subsiguiente Brandjes, *et al.* (1989).

Piamonte (1999), amplía el concepto de abono verde a la utilización de cualquier planta en rotación, sucesión o asociación con los cultivos, incorporándolas al suelo o dejándolos en la superficie como cobertura, con el objeto de

mantener y mejorar las características físicas, químicas y biológicas.

Dentro de esta discusión, las plantas leguminosas de cobertura o abonos verdes son de valor especial, debido al nitrógeno que pueden aportar por medio del proceso de fijación de nitrógeno. A menudo a estas plantas se les llama "leguminosas de abono verde" por ejemplo (Lathwell, 1990) indica: "...bajo condiciones favorables, grandes cantidades de nitrógeno pueden ser fijado por los abonos verdes de plantas leguminosas. Para lograrlo, las leguminosas deben primero estar bien adaptadas a las condiciones climatológicas de la región. En este sentido, la diversidad genética existente asegura que se cumpla este requisito. Segundo, para lograr la máxima fijación de nitrógeno se requiere que haya condiciones de suelo que favorezcan la acumulación de materia seca. El obtener la información de manejo, sobre las especies mejor adaptadas a un determinado clima en particular, es un gran trabajo y generalmente se encuentra muy poca información disponible".

Los cultivos de cobertura y abonos verdes son de gran beneficio en el manejo de malezas, pues el espacio, luz, humedad y nutrientes que ellos requieren para su desarrollo reducen el crecimiento de malezas. Por otro lado, cuando se siembran intercalados con cultivos

anuales, funcionan como “asfixiantes” para eliminar las malezas. No solo eso, algunos cultivos de cobertura producen toxinas naturales o “aleloquímicos” que están tomando importancia como una práctica de reducción de malezas. Por último, en los sistemas de cero labranza, el colchón que resulta de podar o controlar química o manualmente los cultivos de cobertura, pueden reducir significativamente las malezas. Los cultivos de cobertura también son de ayuda en el manejo de plagas al servir como hábitat de insectos benéficos.

En líneas generales, los efectos favorables del abono verde no acaban en el aspecto nutricional sobre el vegetal, sino que alcanzan a todos los componentes relacionados con la fertilidad global del suelo agrícola, ya que:

- Estimulan de forma inmediata la actividad biológica y mejoran la estructura del suelo, por la acción mecánica de las raíces, por los exudados radiculares, por la formación de sustancias prehúmicas al descomponerse y por la acción directa de las células microbianas y micelios de hongos.
- Protegen al suelo de la erosión y la desecación durante el desarrollo vegetativo y mejoran la circulación del agua en el mismo.
- Aseguran la renovación del humus estable, acelerando su mineralización mediante el aporte de un humus más “joven” y más activo. Aumentan la materia orgánica del suelo.
- Enriquecen al suelo en nitrógeno, si se trata de leguminosas e impiden en gran medida la lixiviación del mismo y de otros elementos fertilizantes (pérdida de nutrientes).
- En su descomposición se liberan o sintetizan sustancias orgánicas fisiológicamente activas, que tienen una acción favorable sobre el crecimiento

de las plantas y su resistencia al parasitismo. Disminuyen enfermedades y plagas en algunos casos.

- En los sistemas cerealistas, aseguran una mejor descomposición de la paja del cereal, al mantener el medio más húmedo, equilibrar la relación C/N y activar los microorganismos responsables de la misma.
- Limitan el desarrollo de malezas, directamente por el efecto de la cubierta vegetal en si misma e indirectamente porque ciertos abonos verdes tienen poder desyerbante o efecto alelopático como la vitabosa.
- Provee forraje suplementario para los bovinos.

Los cultivos de cobertura y abonos verdes, por si solos, no son la única vía para restaurar la fertilidad de los suelos, sino una forma de hacer un uso más eficiente de los recursos existentes, al combinarse con otras alternativas de conservación y enriquecimiento de los suelos. El uso de nutrientes disponibles o generados en el propio terreno de cultivos junto con el uso moderado de fertilizantes minerales es, en definitiva, una manera equilibrada para sostener la productividad de los suelos agrícolas.

Los efectos benéficos de los llamados “Abonos verdes” no solo afectan al valor nutricional del cultivo, sino que potencia la fertilidad global del suelo agrícola.

Pese a que se pueden utilizar un número considerable de especies vegetales como abonos verdes, las tres familias de plantas más utilizadas son: leguminosas, crucíferas y gramíneas.

- Las leguminosas son las más empleadas a causa de su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, a favor de los cultivos siguientes. Hay autores que afirman que las leguminosas además mejoran el terreno con la pe-

netración de sus raíces y que incluso llegan a romper los terrenos más duros (las raíces de las leguminosas tienen más de un metro de longitud).

- En cambio, las gramíneas sembradas con las leguminosas, son beneficiosas para el suelo y forman humus estable. Las raíces de las gramíneas mejoran el terreno ablandándolo en la superficie.
- Finalmente, las crucíferas tienen un desarrollo muy rápido proporcionando un buen abono verde cuando se dispone de poco tiempo entre cultivos. Son capaces de utilizar las reservas minerales, mejor que la mayor parte de las plantas, gracias a la longitud de su sistema radicular, acumulando importantes cantidades de elementos en sus partes aéreas que luego serán devueltos al suelo. Como especies más utilizadas están el nabo forrajero, la mostaza blanca y el rábano forrajero. Se ha planteado también que las plantas de esta familia, con la acción de sus raíces, hacen asimilable por otras plantas el Fósforo presente en el terreno en estado insoluble.

DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS ESPECIES UTILIZADOS COMO ABONOS VERDES

Crotalaria

El género *Crotalaria* contiene unas 325 especies, reconocibles por sus flores papilionadas (apariencia de mariposa) muy vistosas, de color amarillo, amarillo-pardo, azules y púrpuras (Muralla, 1949 citado por Navas y Bernal, 1999)), hojas lisas, crecimiento erecto y vainas redondeadas.

La *Crotalaria* es una planta anual con un ciclo de vida de 120 días, presentando a los 90 días el 50% de floración; propia de clima tropical y subtropical,

con un crecimiento excelente en suelos levemente arenosos en donde se siembra cultivo de cobertura y/o como abono verde. Son plantas fijadoras de nitrógeno, con producción abundante de semilla y resistentes al nematodo del nudo radical (*Meloidogyne incognita* Chitwood), reduciendo además la población del nematodo en el suelo. En la Orinoquia colombiana estas plantas presentan poco ataque de Chrysomelidos (*Cerotoma facialis* y *Diabrotica* sp.), plaga común en los cultivos de soya. Algunas son fuertemente afectadas por el insecto perforador de las vainas (*Utetheisa ornatrix* L.) susceptibles a enfermedades como Antracnosis (*Colletotrichum dematium*) y algunas a marchitez descendente (*Fusarium* sp.). En casi todas las especies del género *Crotalaria*, los tallos, hojas y raíces, contienen un alcaloide (monocrotalina) muy tóxico para el ganado vacuno, borregos, cabras, caballos, mulas, pollos y pavos.

Crotalaria juncea

Leguminosa anual arbustiva de tallo erecto, semileñoso y altura superior a 1.5 metros; con hojas sésiles, alargadas y en forma de lanza; con 15 a 20 flores grandes amarillas por inflorescencia; con vainas largas con 10-20 semillas pequeñas de color verde grisáceo, en forma de riñón y de cara lisa. 1.000 semillas pesan 44 g; las raíces en los suelos ácidos de la Orinoquia profundizan hasta 50 cm, pero la mayoría (82%) se localiza en los 25 cm. Se adapta bien en suelos de mediana fertilidad. Presenta un rápido crecimiento inicial y efecto supresor o alelopático sobre el crecimiento de malezas (Calegari, 1995).

Su ciclo vegetativo es corto con 100-120 días, con un potencial de producción de biomasa verde de 50-70 t/ha, que corresponde a 15-21 t/ha de biomasa seca, aporta al suelo entre 300-400 kg/ha



Foto de César A. Jaramillo S.

Crotalaria juncea.

de Nitrógeno (N) y entre 36 y 65 kg/ha de Potasio (K).

Además de su utilidad como abono verde, puede ser empleada para la producción de fibras y papeles finos, principalmente para cigarrillos. También es empleada en áreas infestadas con nemátodos para disminuir sus poblaciones y como forraje para animales domésti-

cos, excepto las semillas que son tóxicas (Navas y Bernal, 1999).

Crotalaria ochroleuca

Leguminosa anual arbustiva de tallo erecto, semileñoso, ramificada en la parte superior y altura entre 1.5 y 2.0 m,



Foto de César A. Jaramillo S.

Crotalaria ochroleuca.

con hojas sésiles, alargadas y en forma de lanza; con 15 a 50 flores amarillas por inflorescencia; con vainas largas con 10 a 20 semillas muy pequeñas, de color rojo, en forma de riñón y de cara lisa. 1.000 semillas pesan 6.5 g. Las raíces en los suelos ácidos de la Orinoquia profundizan hasta 60 cm, pero la mayoría (82%) se localiza en los 30 cm.

Su ciclo vegetativo es de 120-150 días, con un potencial de producción de biomasa verde de 20-30 t/ha, que corresponde a 7-10 t/ha de biomasa seca y aporta al suelo entre 133-200 kg/ha de nitrógeno (N) y entre 84 y 125 kg/ha de Potasio (K).

Además de su uso como abono verde, tiene la posibilidad de utilizarse en la alimentación animal (no contiene el alcaloide monocrotalina). En los suelos ácidos de la Orinoquia Colombia presenta contenidos normales de proteína (entre 10 y 12%), contenidos normales de hemicelulosa (entre 11 y 16%), contenidos normales de celulosa (35 – 49%) y contenidos de lignina, un poco más alto que el normal

(entre 7 y 14%) que puede evidenciar algo de depresión en el consumo por parte del animal (Navas y Bernal, 1999).

Caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp)

El género *Vigna*, con más de 200 variedades generadas para países tropicales, se caracteriza por ser una planta anual de rápido crecimiento, con tallos postrados, vigorosos y herbáceos, con hábito de crecimiento determinado o indeterminado, raíces profundas, hojas trifoliadas con pecíolos largos; flores pediceladas con corolas y pétalos blancos, amarillos y violetas. Las flores, normalmente, abren en las primeras horas de la mañana cuando ocurre la polinización, cerrándose a medio día. Las vainas aparecen en racimos axilares con pedúnculos largos y una longitud de vaina de 10-25 cm, rectas o curvadas variando en el número de semillas. Las semillas miden de 2-12 mm y poseen tegumento liso y rugoso, pueden ser de color blanco, marrón, negro, rojas, algu-



Foto de César A. Jaramillo S.

Caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp)

nas con círculo de diferente color alrededor del hilum, bicolores y tricolores. Esta leguminosa presenta el 50% de floración a los 50 días y su ciclo vegetativo es de 90 días.

Pueden ser utilizadas como abonos verdes, en monocultivos o intercalados en cultivos perennes como café y cítricos; como forraje para el ganado (corte, pastoreo, heno y ensilajes) y asociada con maíz, millo y sorgo forrajero; y en la alimentación humana los granos secos, como frijol, las vainas verdes como habichuelas y hojas tiernas como espinacas.

La semilla seca y madura del Cauquí contiene 22-25% de proteínas, 57% de carbohidratos, 1.3% de grasa y 3.5% de minerales. Aunque esta proteína es deficiente en los aminoácidos metionina y cisteína, es rica en lisina y triptófano que son deficientes en todos los granos de los cereales y ayuda a complementar la dieta humana.

Esta leguminosa es resistente al calor y medianamente tolerante a la sequía. La temperatura más adecuada para

su desarrollo se encuentra entre los 20 a 35°C; temperaturas inferiores a 20°C afectan el desarrollo vegetativo y alargan el ciclo de vida de la planta. Crece bien en suelos franco y franco arenosos, del orden Inceptisoles y Oxisoles bien drenados, a una altitud entre 0 y 1.500 m sobre el nivel del mar.

Cannavalia ensiformis

Leguminosa anual herbácea de porte erecto, poco ramificada y hábito de crecimiento determinado con 0.6 a 1.2 m de altura; con hojas trifoliadas alternadas, con folíolos grandes elíptico-ovales de color verde oscuro; las inflorescencias son axilares y en racimos, con flores grandes de color violáceo, vainas achatadas, largas y coriáceas que contienen de 4 a 18 semillas grandes de color blanco (1.000 semillas pesan 1.588 g); su sistema radicular es pivotante, alcanza una profundidad de 72 cm en los suelos ácidos de la Orinoquia colombiana, y la



Cannavalia ensiformis.

Foto de César A. Jaramillo S.

mayoría (82%) se localizan entre los 15 y 30 cm de profundidad.

Ciclo vegetativo de 150-180 días, con un potencial de producción de biomasa verde de 20-40 t/ha que corresponde a 3-6 t/ha de biomasa seca, aporta al suelo entre 80-160 kg/ha de nitrógeno (N) y entre 28 y 110 kg/ha de potasio (K). Es rústica y presenta tolerancia a la acidez y sequía (Delgado y otros, 2003)

En Brasil se ha reportado efecto alelopático sobre malezas, especialmente sobre *Cyperus rotundus* o "Coquito" (Calegari, 1995). Sus hojas y semillas contienen sustancias tóxicas. En los suelos ácidos de la Orinoquia el forraje de esta especie presenta alto contenido de proteína (entre 13 y 17%), entre bajo y alto contenido de hemicelulosa (8 y 12%) y contenido normal de celulosa (entre 39 y 40%) y lignina (entre 5 y 10%), con alto potencial para ser utilizado en la alimentación animal, (Navas y Bernal, 1999, citado por Delgado y otros, 2003).

Vitabosa (*Mucuna deeringianum*)

En Colombia esta especie es conocida con el nombre común de Vitabosa y en Centroamérica, donde es muy usada por pequeños productores, se le conoce con los nombres de Nescafé, frijón terciopelo o frijón abono.

Leguminosa de hábito de crecimiento rastrero y trepador, vigoroso e indeterminado; las hojas son grandes y con tres folíolos anchos; las flores se presentan en racimos nodulosos a lo largo del raquis, de color morado; las vainas son anchas, cortas y comprimidas, con pico curvo, con 3 a 6 semillas por vaina, de color gris con manchas marrones. 1.000 semillas pesan 770g; las raíces son voluminosas y profundizan hasta 77 cm, pero la mayoría (82%) se localizan en los primeros 30 cm de profundidad.

Su ciclo vegetativo es largo, superior a 180 días, con un potencial de producción de biomasa verde de 40-50 t/ha,



Foto de Gloria E. Navas R.

Vitabosa (*Mucuna deeringianum*).

que corresponde a 7-8 t/ha de biomasa seca. Aporta al suelo entre 170-210 kg/ha de Nitrógeno (N) y entre 57 y 107 kg/ha de Potasio (K). Presenta buen nivel de tolerancia a sequía, así como a suelos con regular drenaje. Tolera bien la acidez y baja fertilidad de los suelos (Delgado y otros, 2003).

Su crecimiento es bastante agresivo, proporcionando una rápida cobertura que controla eficientemente el crecimiento de las malezas, no solo por competencia sino porque ya se ha comprobado, a nivel de laboratorio, invernadero y campo, su alto efecto alelopático al producir L-Dopa, un compuesto químico que afecta la germinación y el crecimiento de malezas nocivas, especialmente gramíneas y de hojas anchas. Este compuesto también repele insectos y reduce la incidencia de algunas especies de nemátodos del suelo. La sustancia L-Dopa extraída de las semillas, se utiliza también para la producción de dopamina, medicamento para tratamiento del mal de Parkinson (Delgado y otros, 2003).

Su forraje puede ser usado como suplemento en la alimentación animal en un 2 a 5% de la dieta diaria. Esta especie

en los suelos ácidos, Oxisoles e Inceptisoles de la Orinoquia colombiana, presenta un alto contenido de proteína (entre 13 y 17%). Entre bajo y alto contenido de hemicelulosa (entre 8 y 12%) y contenidos normales de celulosa (entre 39 y 40%) y lignina (entre 5 y 10%), (Navas y Bernal, 1999).

EFFECTO DE LA COBERTURA EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN ROTACIÓN

En la región del Ariari (Meta), en tres años de evaluación (2000-2003) de las rotaciones de arroz y maíz con otros cultivos, se observó efecto benéfico de la cobertura en la producción de grano.

Arroz

En la rotación arroz – maíz + caupí produjo 4.049 kg/ha¹ (51 kg.ha¹ más de grano que el barbecho); en arroz-soya produjo 4.321 kg.ha¹ (323 kg.ha¹ más que el barbecho) y en arroz- leguminosa como cobertura 4.431 kg.ha¹ (433 kg.ha¹ más que el barbecho).



Foto de César A. Jaramillo S.

Soya. Línea forrajera.

Lo anterior indica que son más benéficas las rotaciones del arroz con la soya y con la leguminosa como cobertura, porque además del aporte de nitrógeno, las leguminosas contribuyen con el mayor ciclaje de nutrientes y ayudan a reducir la incidencia de plagas en el cultivo subsiguiente.

La rotación del arroz, con las leguminosas soya y una cobertura y la asociación maíz + caupí, fueron más rentables que el sistema tradicional arroz-barbecho. En el año 2003 la mayor rentabilidad (25.2%), la presentó la rotación arroz-leguminosa como cobertura, con un ingreso neto anual para el productor de \$662.000; seguida de arroz-soya, con una rentabilidad de 22.2% y un ingreso neto anual de \$997.447 y; arroz - maíz + caupí con una rentabilidad de 21.3% y un ingreso neto anual de \$806.335; el testigo arroz-barbecho presentó una rentabilidad de 17.68% y un ingreso neto para el productor de \$383.445.

Maíz

En general, en las tres fincas en Granada y Fuente de Oro (Meta), las mayores producciones de maíz se obtuvieron en las rotaciones con soya (3.448 kg.ha⁻¹) y una leguminosa como cobertura (*Crotalaria ochroleuca*, *Cannavalia ensiformis* y *Mucuna deeringianum*, 3.621 kg.ha⁻¹) con 921 y 1.094 kg.ha⁻¹ más de grano que el testigo maíz-maíz (producción 2.527 kg.ha⁻¹).

En el año 2003, la rotación más rentable fue maíz - maíz + caupí, con una rentabilidad de 90.84% y un ingreso neto anual para el productor de \$1.168.126, seguido del testigo maíz-maíz con una rentabilidad de 82.45% con un ingreso neto anual de \$1.104.469; maíz-soya con una rentabilidad de 56.06% y un ingreso neto anual de \$695.379 y; finalmente, maíz -leguminosa como cobertura con una rentabilidad de 45.72% y un ingreso neto anual de \$329.790 (Navas y otros, 2003).

Rotación cobertura - leguminosa + arroz seco

Las coberturas leguminosas respecto al barbecho nativo (con una población de malezas de 366 plantas.ha⁻¹), redujeron la resurgencia de malezas dentro del cultivo del arroz, siendo las más eficientes en orden decreciente vitabosa *Mucuna deeringianum* con 140 plantas/m², *Crotalaria ochroleuca* con 199 plantas/m², *Cannavalia ensiformis* con 270 plantas/m² y *Crotalaria juncea* con 273 plantas/m².

Las coberturas leguminosas contribuyen a reducir hasta 30% la aplicación de herbicidas comerciales en el cultivo del arroz, sin afectar la producción de grano. Se logró una producción de 6.838 kg.ha⁻¹ de grano con el 70% de aplicación de los herbicidas frente a 6.425 kg.ha⁻¹ de grano cuando se aplicó el 100% de los herbicidas.

Las coberturas leguminosas contribuyen a reducir los valores de la resistencia mecánica del suelo, lo cual favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Un año después del establecimiento de las coberturas leguminosas, los valores de resistencia mecánica del suelo disminuyeron especialmente con *Crotalaria ochroleuca* con valores entre 0.60 y 2.40 MPa y *Cannavalia ensiformis* con valores entre 0.50 y 3.00 MPa (humedad del suelo 28.4%).

Con las coberturas leguminosas se aumentó el contenido de Materia orgánica del suelo. El suelo con *Crotalaria juncea* presentó un aumento de la materia orgánica, entre 3.6 y 28.6%; con *Crotalaria ochroleuca*, entre 14.2 y 42.8%; con *Cannavalia ensiformis*, entre 10.7 y 44.4% y; con *Mucuna deeringianum*, entre 10.7 y 38.9%.

Las coberturas leguminosas afectaron benéficamente la producción de arroz variedad Progreso 4-25. La mayor producción se presentó en la franja de vitabosa *Mucuna deeringianum* (6.373 kg.ha⁻¹), con 1.446 kg.ha⁻¹ más de grano que la del barbecho nativo. Le siguen en

producción *Crotalaria juncea* con 5.676 kg.ha⁻¹, *Crotalaria ochroleuca* con 5.657 kg.ha⁻¹ y *Cannavalia ensiformis* con 5.471 kg.ha⁻¹, con 748, 730 y 544 kg.ha⁻¹ más de grano, respectivamente.

El uso de las coberturas leguminosas con el cultivo de arroz secano favorecido, los ingresos para el productor fueron mayores. Con *Mucuna deerin-gianum*, ingresos netos semestrales de \$877.592 (\$636.076 más que el barbecho nativo); con *Crotalaria ochroleuca* de \$689.636 (\$448.120 más); con *Crotalaria juncea* de \$572.508 (\$330.992 más) y; con *Cannavalia ensiformis* de \$481.868 (\$240.352 más). Con rentabilidades de 37, 29.6, 24.8 y 21%, respectivamente. Los anteriores son cálculos realizados en el año 2003 (Delgado y otros, 2004).

RECOMENDACIONES

- La rotación maíz-soya requiere la estricta selección de suelos bien drenados en las vegas (Inceptisoles), ya que estos cultivos son muy susceptibles al exceso de humedad. Para la terraza alta (Oxisol) esta rotación resulta ser adecuada en el manejo y producción de los cultivos.
- La rotación arroz-soya resulta bastante compleja, debido a que el arroz

requiere bastante humedad del suelo y la soya es susceptible al exceso de humedad, por lo tanto se requieren hacer drenajes para lograr buenas producciones en el cultivo de soya.

- Para la preparación del suelo, se recomienda efectuar la labranza en la época de inicio de lluvias (marzo-abril) con una humedad a capacidad de campo; mientras que para el segundo semestre, por los excesos de humedad del suelo y el corto tiempo para siembra de la soya en la época apropiada (agosto-septiembre), se recomienda el uso de la siembra directa en suelos sin limitantes físicas, químicas y biológicas.
- El éxito de la labranza cero en las condiciones de los Llanos Orientales, dependerá del desarrollo de sistemas de coberturas de suelo y de su apropiada integración dentro de las rotaciones arroz-soya y maíz-soya.
- Realizar los ajustes de diseño necesarios en las sembradoras utilizadas en los Inceptisoles (vegas y vegones) y Oxisoles (terrazas y sabanas).
- Para los sistemas de labranza de conservación es necesario tener disponibles en la zona arados de cinceles rígidos o vibratorios y sembradoras de siembra directa, semilla certificada, abonos, biofertilizante, fungicidas y herbicidas.