Selección de abonos verdes para los suelos de Turmequé (Boyacá)

Selection of green manures for the soils of Turmequé (Boyacá)

Silvio E. Viteri[1], John W. Martínez[2] y Ángela C. Bermúdez[3]

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar asociaciones de abonos verdes con el mejor potencial como fuente de materia orgánica para los suelos del municipio de Turmequé (Boyacá). Los experimentos se desarrollaron en tres fincas, ubicadas a 2.300, 2.650 y 2.860 msnm. De cada finca se tomó una muestra representativa de suelo, que se envió al laboratorio para análisis de fertilidad. Los tratamientos incluyeron 10 asociaciones triples y 3 cuádruples. Las asociaciones se conformaron con la leguminosa vicia atropurpúrea (*Vicia sativa* L.) en combinación con avena caldas (*Avena sativa* L.), girasol (híbrido Hi Doris) (*Helianthus annus* L.), higuerilla (*Ricinus communis* L.), nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.) o quinua (*Chenopodium quinua*). El porcentaje de semilla leguminosa respecto a las otras especies en las asociaciones triples fue 40:30:30 y en las cuádruples 40:20:20:20. El porcentaje de semilla de cada especie se calculó con base en la cantidad recomendada para siembra en monocultivo. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con 13 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables determinadas fueron producción de materia verde por especie, por asociación y por las plantas arvenses y materia seca por asociación. Además, se observó la tolerancia de las especies al ataque de plagas y enfermedades. Los resultados indicaron que entre las especies estudiadas las más promisorias son el nabo forrajero, la avena y la vicia, conformando la asociación vicia × avena × nabo forrajero.

Palabras clave: cultivos de cobertura, nabo forrajero, avena forrajera, vicia atropurpúrea.

ABSTRACT

The main objective of this study was to identify associations of green manures, which prove to have the greatest potential as a source of organic matter for the soils of Turmequé (Boyacá). The experiments were carried out on three farms located at 2,300, 2,650 and 2,860 masl. A representative soil sample was collected from each farm and sent to the laboratory for fertility analysis. The treatments were represented by 10 triple and 4 quadruple green manure associations. The associations included the legume vicia atropurpurea (*Vicia sativa* L.) in combination with oats (*Avena sativa* L.), sunflower (Hi Doris) (*Helianthus annus* L.), castor-oil plant (*Ricinus communis* L.), forage turnips (*Raphanus sativus* L.) or quinoa (*Chenopodium quinua*). The percentage of legume seed and that of other species in the triple associations were 40:30:30 and, in the quadruple associations, 40:20:20:20. The percentage of seed of each species was calculated with base on the amount of seed recommended for planting as a monoculture. The experimental design was a randomized complete block, with 13 treatments and 3 replicates. The variables measured were green matter production by specie, association, and weeds and dry matter production by the green manure associations. In addition, the tolerance of species to insect and disease attack was observed. The results indicated that among the evaluated species the most promising were the forage turnips, oats, and vicia, these three species are included in the vicia × oats × forage turnips association.

Key words: cover crops, forage turnips, forage oats, vicia atropurpurea.

Introducción

El municipio de Turmequé es reconocido tradicionalmente por la producción de papa (300 ha) y, desde hace dos décadas, por la producción de curuba (400 ha) (Vargas, 2004). A menor escala se cultiva maíz y fríjol (30 ha), arveja (8 ha), haba (6 ha), cebolla (6 ha) y cultivos de subsistencia, como arracacha, trigo, cebada y hortalizas. En el renglón de frutales produce feijoas, ciruelas, duraznos, manzanas y peras. La producción pecuaria también es importante y entre las especies figuran aproximadamente 6.113 cabezas de bovinos, que producen alrededor de 10.200 L de leche por día (Orjuela, 2000).

El municipio está ubicado en la zona andina, donde se concentra la población colombiana (Viteri, 2002), y la mayoría de sus suelos presentan severos grados de erosión (Proyecto Checua, 2000). Ésta se debe a la alta presión por el uso de

Fecha de recepción: diciembre 13 de 2007. Aceptado para publicación: julio 10 de 2008

[1] Profesor titular, Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. sviteri@tunja.uptc.edu.co
[2] Profesor auxiliar, Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. wilsonmarti@yahoo.es
[3] Investigadora, Grupo Manejo Biológico de Cultivos (GMBC), Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. labmicrosuelosuptc@gmail.com

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 332 06/10/2008 19:41:32

la tierra bajo el enfoque del modelo de la revolución verde, adoptado por los agricultores desde los principios de la segunda mitad del siglo XX. La pérdida de los suelos por la erosión pone en alto riesgo el potencial agropecuario del municipio, con repercusiones económicas y sociales de consideración, ya que directa o indirectamente afecta la productividad, la disponibilidad de alimentos y las posibilidades de progreso de la población (Viteri, 2002).

Se sabe que los procesos dominantes de degradación que han afectado cerca de la mitad de los suelos del mundo son causados por la erosión en un 83% y que el deterioro de la capacidad productiva se debe en especial a la disminución de la materia orgánica y a los efectos de la erosión (FAO, 2001; Proyecto Procas, 2002).

Al considerar que la influencia antrópica es uno de los principales factores causantes de la erosión, la solución a los problemas relacionados con este proceso debe orientarse en dos sentidos: 1) crear conciencia entre los agricultores y demás sectores sociales responsables del desarrollo agropecuario acerca de lo que significa la pérdida del recurso suelo y 2) identificar alternativas efectivas para controlar debidamente el proceso de erosión, que además sean viables de adoptar por parte del agricultor.

Entre las alternativas que se han formulado para proteger los suelos de la erosión y aumentar su contenido de materia orgánica (Gómez *et al*., 2002), el uso de abonos verdes continúa siendo considerada como una de las más viables (Troeh *et al*., 1980; Piamonte, 1993; Thurston *et al*., 1994, Viteri, 2002). Hoy en día, el concepto de abonos verdes se extiende a las especies vegetales que en rotación con los cultivos comerciales permiten mejorar las condiciones nutricionales y estructurales de los suelos y al usarse como coberturas los protegen de la acción erosiva de la lluvia y el viento (Proyecto Checua, 2000). Sin embargo, aunque el uso de abonos verdes data de miles de años, la tendencia hacia el uso exagerado de agroquímicos, especialmente en la segunda mitad del siglo pasado, condujo a ignorar el papel de la materia orgánica en la producción agrícola y, en consecuencia, la exploración de alternativas para mantener niveles adecuados de este bioinsumo no ha sido una prioridad entre los investigadores. Por esta razón, aún son muy escasas las investigaciones orientadas en los últimos años hacia los abonos verdes, para identificar y formular recomendaciones específicas de acuerdo a las condiciones agroecológicas de las localidades (Viteri, 2002, Viteri y Velandia, 2006; Hernández y Viteri, 2006).

El principal objetivo de este trabajo fue identificar, en conjunto con los agricultores, las asociaciones de abonos verdes que se adaptan mejor a las condiciones agroecológicas de Turmequé y que puedan ser recomendadas como alternativa para proteger los suelos de la erosión y como fuente de materia orgánica para la recuperación y sostenibilidad de su capacidad productiva.

Este trabajo formó parte del proyecto "Selección e introducción de abonos verdes para la sostenibilidad de los sistemas de producción en los municipios de Samacá, Turmequé, Tunja y Paipa (Boyacá)", cofinanciado por el Ministerio de Agricultura a través del proyecto Pronatta, desarrollado como parte de las actividades del grupo de investigación Manejo biológico de cultivos, del programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

Materiales y métodos

Las actividades se iniciaron con la realización de reuniones con agricultores y demás sectores sociales del municipio de Turmequé, con el fin de hacerles conocer los fundamentos y alcances del proyecto y conseguir su participación activa en el desarrollo de los experimentos. Como resultado de las reuniones se consiguieron tres fincas: *El Cadillal* (2.860 msnm) en la vereda Teguaneque, *La Floresta* (2.650 msnm) en la vereda Pozo Negro y *La Esmeralda* (2.300 msnm) en la vereda Rinchoque. En cada finca se seleccionó un lote de 48 m x 118 m, de cada lote se tomó una muestra representativa de suelo y se envió al laboratorio de suelos y aguas de la UPTC para análisis de fertilidad (tabla 1).

Después de preparado el terreno, se trazaron 4 bloques de 13 parcelas de 8 m x 10 m cada una. La distancia entre parcelas fue de 1 m y entre bloques, de 1,5 m. Los tratamientos estuvieron representados por 13 asociaciones de abonos verdes, 10 triples y 3 cuádruples, conformadas con las especies: avena caldas (*Avena sativa* L.), girasol (híbrido Hi Doris) (*Helianthus annus* L.), higuerilla (*Ricinus communis* L.), nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.), quinua (*Chenopodium quinua*) y la leguminosa vicia atropurpúrea (*Vicia sativa* L.). De acuerdo con el potencial que encierra la fijación biológica del nitrógeno por parte de las leguminosas, en cada asociación se incluyó a la vicia atropurpúrea.

El porcentaje de semilla de la leguminosa y de las otras especies en las asociaciones triples fue 40:30:30 y en las cuádruples, 40:20:20:20, con el mayor valor para la leguminosa. El cálculo de la cantidad de semilla de cada especie se hizo tomando como base la cantidad que se recomienda para siembra en monocultivo, así: avena caldas, 80 $kg \cdot ha^{-1}$; girasol, 50 $kg \cdot ha^{-1}$; higuerilla, 50 $kg \cdot ha^{-1}$; nabo

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 333 06/10/2008 19:41:32

TABLA 1. Características del suelo de las fincas utilizadas en el estudio. Municipio de Turmequé (Boyacá).

Característica	Finca *El Cadillal*		Finca *La Esmeralda*		Finca *La Floresta*	
	Valor	Nivel crítico	Valor	Nivel crítico	Valor	Nivel crítico
Textura	Franco	-	Franco arenoso	-	Franco arcilloso	-
pH	4,8	Muy fuertemente ácido	5,2	Fuertemente ácido	5,1	Fuertemente ácido
Materia orgánica (%)	10,2	Alto	1,12	Muy bajo	3,73	Bajo
P (ppm)	34,3	Medio	22,6	Medio	99,6	Alto
Al (meq·g^{-1})	1,2	Medio	0,2	Bajo	0,4	Bajo
Ca (meq·g^{-1})	5,22	Adecuado	2,22	Bajo	5,67	Adecuado
Mg (meq·g^{-1})	1,35	Medio	0,65	Bajo	2,26	Alto
K (meq·g^{-1})	0,36	Adecuado	0,21	Medio	0,35	Adecuado
Na (meq·g^{-1})	0,22	Normal	0,16	Normal	0,24	Normal
CIC (meq·g^{-1})	8,35	Bajo	3,44	Muy bajo	9,32	Bajo
Fe (ppm)	98	Adecuado	66	Medio	239	Alto
Mn (ppm)	2,55	Bajo	3,77	Bajo	1,66	Bajo
Cu (ppm)	0,44	Bajo	0,49	Bajo	0,32	Bajo
Zn (ppm)	1,66	Tendencia a bajo	2,19	Tendencia a bajo	1,77	Tendencia a bajo
C.E. (dS·m^{-1})	0,37	Normal	0,14	Normal	0,34	Normal

CE, conductividad eléctrica
Fuente: Laboratorio de análisis de suelos y aguas, UPTC, Tunja. 2003

forrajero, 20 kg·ha^{-1}; quinua, 3 kg·ha^{-1} y vicia atropurpúrea, 70 kg·ha^{-1}.

El diseño experimental fue el de bloques completos al azar, con 13 tratamientos y 3 repeticiones (Gómez y Gómez, 1984). De acuerdo con el diseño, se asignaron los tratamientos a las parcelas y se procedió a la siembra, especie por especie, al voleo. La fertilización se aplicó también al voleo (fertilizante Rafos, 150 kg·ha^{-1}). La tapada de la semilla y la aplicación del fertilizante en cada parcela se hicieron con rastrillo de mano.

Las variables determinadas fueron: 1) producción de materia verde por especie, 2) producción de materia verde por asociación, 3) producción de materia verde por las plantas arvenses y 4) producción de materia seca por asociación. Las determinaciones se realizaron a los 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra (dds). Para la materia verde se ubicó un área de 1 m^2 en un sitio de la parcela representativo del crecimiento; se cortaron todas las plantas presentes a la altura del cuello de la raíz, se separaron por especie y se pesaron. Para la materia seca, 500 g de materia verde de plantas de cada especie seleccionadas al azar se sometieron a secado, a 80 °C durante 24 h. Además, mediante un recorrido por las parcelas a los 120 dds, se observó el comportamiento de las especies frente a enfermedades e insectos plaga.

Resultados y discusión

Producción de materia verde por especie

El crecimiento y desarrollo de las especies y, en consecuencia, la cantidad de materia verde producida por especie y por asociación variaron de acuerdo a las condiciones ecológicas específicas de cada localidad. Entre las fincas, la mayor producción de materia verde se registró en *El Cadillal*, vereda Teguaneque. En cuanto a especies, en las tres localidades se destacaron el nabo forrajero, la avena y la vicia, con diferencias apreciables entre ellas. En promedio, las producciones de estas tres especies en *El Cadillal* fueron 57,0; 4,0 y 2,4 t·ha^{-1}; en *La Esmeralda*, 16,5; 9,1 y 8,2 t·ha^{-1} y en *La Floresta*, 10,2; 5,2 y 10,6 t·ha^{-1}, respectivamente. En *El Cadillal* el nabo forrajero representó 95% de la producción total por asociación, coincidiendo con los valores repor-

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 334 06/10/2008 19:41:33

tados para otras localidades de Boyacá (Viteri y Méndez, 2003; Viteri y Velandia, 2006). En las otras dos fincas, *La Esmeralda* y *La Floresta*, donde tanto la disponibilidad de agua en el suelo como la humedad relativa constituyen un factor limitante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, las diferencias entre la producción de nabo forrajero y las otras dos especies no fueron muy amplias. En *La Esmeralda* el nabo forrajero representó 51% y en l*a Floresta*, 46% de la producción total por asociación. Se destaca que en la finca *La Floresta* el nabo forrajero fue virtualmente igualado por la vicia, aspecto que sin duda se relaciona con el sistema radical de cada especie: la vicia produce raíces mucho más profundas que el nabo forrajero y, por lo tanto, una vez establecida no se afecta tanto por la sequía.

En contraste con los aportes de materia verde de parte del nabo forrajero, la avena y la vicia en las tres localidades, los aportes del girasol, la higuerilla y la quinua fueron realmente insignificantes. En *El Cadillal* la producción promedio de estas especies fue 2,7; 0,1 y 0,9 $t \cdot ha^{-1}$, respectivamente. En general, el girasol fue atacado severamente por hongos y la higuerilla y la quinua mostraron un crecimiento y un desarrollo muy lentos. Esto corrobora que el potencial de crecimiento y desarrollo de cada especie depende en un alto grado, además de sus características propias, de su capacidad de adaptación a las condiciones agroecológicas de la localidad donde crece, lo que justifica la investigación con el fin de seleccionar aquéllas que ofrezcan el mejor potencial para una determinada región.

Producción de materia verde por abonos verdes y plantas arvenses en asociación

La producción de materia verde por las especies de abonos verdes y las plantas arvenses en asociación en el momento de su mayor acumulación se ilustra en las figuras 1-3.

La producción de materia verde por los abonos verdes mostró diferencias altamente significativas (1%), entre las asociaciones en *El Cadillal* a los 60, 75, 90 y 120 dds y en *La Esmeralda* a los 60 dds. En el momento de la mayor acumulación de materia verde, las diferencias entre asociaciones no fueron significativas en ninguna de las localidades. Al promediar las cantidades de materia verde producida por las asociaciones de abonos verdes con y sin nabo forrajero y las plantas arvenses al momento de la mayor acumulación, la producción más alta se obtuvo en *El Cadillal*, seguida por *La Esmeralda* y *La Floresta* (figura 4). Como ya se mencionó, estos resultados se asocian directamente con las condiciones agroecológicas propias de cada una de las localidades, en particular con la calidad del suelo (tabla 1) y la disponibilidad de humedad. Además, la mayor producción de materia verde en cada localidad correspondió a las asociaciones con nabo forrajero; estas asociaciones, en comparación con las que no incluyeron nabo forrajero, representaron en *El Cadillal* 83% de la producción total de abonos verdes, en *La Esmerald*a 60% y en *La Floresta* 62%.

Respecto a las plantas arvenses, como era de esperar, su mayor producción tuvo lugar en las asociaciones sin nabo forrajero (figuras 1-3): en *El Cadillal*, a diferencia de lo evidenciado en *La Esmeralda* y La *Floresta*, la producción de plantas arvenses superó considerablemente a las asociaciones de abonos verdes sin nabo forrajero. Estos datos ponen de relieve el efecto regulador del nabo forrajero sobre la proliferación de arvenses, que constituyen un factor muy limitante para la producción agrícola, en especial, en localidades con suelos con niveles altos de materia orgánica, sin limitaciones de fertilidad (tabla 1) y con suficiente disponibilidad de agua, como sucede en la vereda Teguaneque, donde se encuentra ubicada la finca *El Cadillal*.

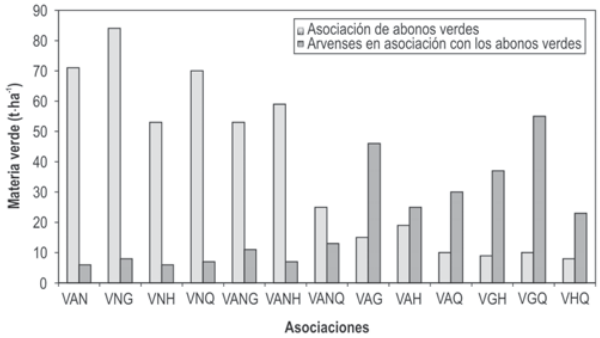

FIGURA 1. Materia verde producida por los abonos verdes y las plantas arvenses en asociación, a los 105 días de la siembra. Finca *El Cadillal*, vereda Teguaneque, Turmequé (Boyacá). V, vicia atropurpúrea; A, avena caldas; N, nabo forrajero; G, girasol; H, higuerilla; Q, quinua.

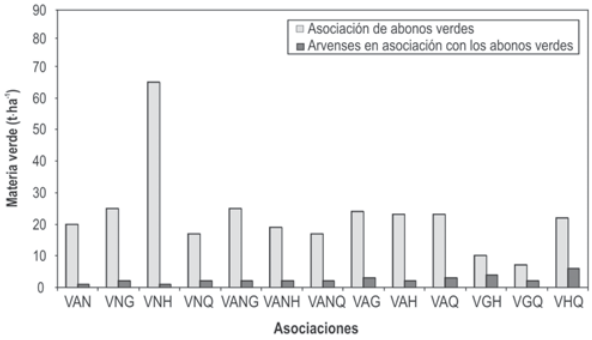

FIGURA 2. Materia verde producida por los abonos verdes y las plantas arvenses en asociación, 105 días después de la siembra. Finca *La Esmeralda*, vereda Rinchoque, Turmequé (Boyacá). V, vicia atropurpúrea; A, avena caldas; N, nabo forrajero; G, girasol; H, higuerilla; Q, quinua.

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 335 06/10/2008 19:41:34

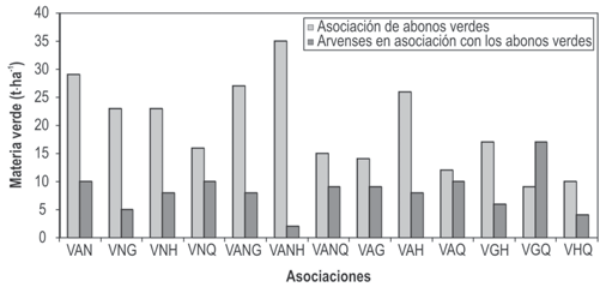

FIGURA 3. Materia verde producida por los abonos verdes y las plantas arvenses en asociación, 105 días después de la siembra. Finca *La Floresta*, vereda Pozo Negro, Turmequé (Boyacá). V, vicia atropurpúrea; A, avena caldas; N, nabo forrajero; G, girasol; H, higuerilla; Q, quinua.

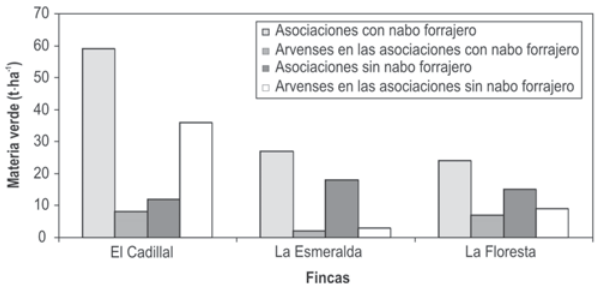

FIGURA 4. Promedio de la cantidad de materia verde producida por los abonos verdes y las plantas arvenses en las asociaciones con y sin nabo forrajero, al tiempo de la mayor acumulación, 105 días después de la siembra. Municipio de Turmequé (Boyacá).

La agresividad de las plantas arvenses se asocia de forma directa con el desarrollo de un sistema radical profundo, que les permite competir muy eficientemente con los cultivos por todos los factores de crecimiento. La contribución del nabo forrajero a la disminución significativa de plantas arvenses fue un hecho muy destacado por los agricultores de las tres localidades, ya que el control de estas plantas les implica tiempo y dinero. Algunos investigadores sugieren que las plantas arvenses sean tenidas en cuenta como abonos verdes o coberturas; sin embargo, en términos de su capacidad de producción de fitomasa como fuente de materia orgánica, los resultados de ésta y otras investigaciones indican que su potencial es muy bajo, con respecto a las asociaciones de abonos verdes con nabo forrajero (Calegari y Peñalva, 1994: Viteri, 2002; Angarita, 2004; Cárdenas, 2004; Vargas, 2004). No obstante, todas las especies de plantas arvenses que logren desarrollarse en presencia del nabo forrajero son importantes, ya que contribuyen a la diversidad del 'cóctel de abonos verdes' propuesto por Piamonte (1993); muy apropiado desde el punto de vista agronómico, ya que incrementa el reciclaje de nutrientes y la protección del suelo contra el proceso erosivo.

Producción de materia seca por abonos verdes en asociación

En cuanto a producción de materia seca, el análisis de varianza indicó que las diferencias entre asociaciones en la finca *El Cadillal* fueron altamente significativas (1%) a los 60, 75, 90 y 120 dds; en *La Esmeralda*, significativas (5%) a los 60 dds y en *La Floresta*, no significativas. En general, las asociaciones que produjeron la mayor cantidad de materia verde resultaron ser también las mejores en producción de materia seca, coincidiendo además en el tiempo de la mayor acumulación, a los 105 dds, en las tres localidades.

La figura 5 muestra las tres mejores asociaciones en la finca *El Cadillal* y la tendencia en cuanto a la producción de materia seca durante el desarrollo de su período vegetativo, similar en las tres localidades. En *La Esmeralda* la mayor producción de materia seca se obtuvo con la asociación vicia × avena × higuerilla (VAH) (8,6 t·ha^{-1}) y en *La Floresta* con la asociación vicia × avena × nabo forrajero × girasol (VANG) (6,0 t·ha^{-1}). Al igual que para el caso de la materia verde, la mayor producción de materia seca correspondió a las especies nabo forrajero, avena y vicia; por lo tanto, es conveniente aclarar que en las asociaciones en las que aparece el girasol, la higuerilla o la quinua el potencial se debe a las otras especies.

En términos del aporte por especie, en *El Cadillal* sobresalió el nabo forrajero; en *La Esmeralda*, el nabo forrajero y la avena y en *La Floresta*, el nabo forrajero y la vicia.

En este estudio, los datos obtenidos con las mejores asociaciones son muy bajos con respecto a los reportados para el valle de Samacá (Viteri, 2002; Viteri y Velandia, 2006), pero comparables con los registrados para Paipa, Pirgua, Tunja y Ventaquemada, en Boyacá (Orjuela, 2000; Tamayo, 2001; Viteri y Méndez, 2003). Mientras el valle de

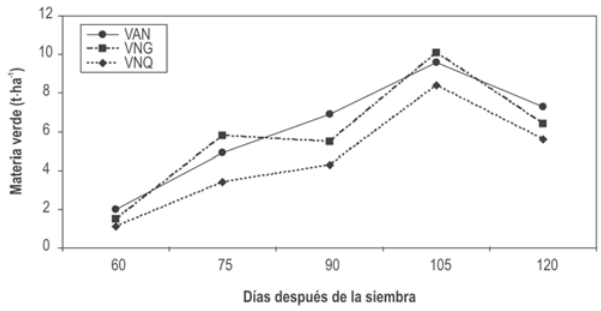

FIGURA 5. Producción de materia seca por las tres mejores asociaciones, durante el desarrollo de su periodo vegetativo. Finca *El Cadillal*, vereda Teguaneque, Turmequé (Boyacá). V, vicia atropurpúrea; A, avena caldas; N, nabo forrajero; G, girasol; Q, quinua.

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 336 06/10/2008 19:41:35

Samacá cuenta con suelos fértiles (Viteri y Velandia, 2006) y un distrito de riego, en las otras localidades los suelos en general están afectados seriamente por la erosión y la disponibilidad de agua para el crecimiento y desarrollo de los cultivos depende enteramente de las lluvias. En particular, en Turmequé los suelos de las partes altas son más ricos en materia orgánica que los de las partes medias y bajas (tabla 1) y además son más húmedos, condiciones que favorecen especialmente el crecimiento y desarrollo del nabo forrajero. Así, en *El Cadillal*, finca ubicada a 2.860 msnm, se obtuvo la mayor producción de materia seca en las asociaciones con nabo forrajero (figura 6). De acuerdo con la metodología utilizada en la determinación de las variables, los datos de materia verde y seca corresponden únicamente a la parte aérea de las plantas y no incluyen a las raíces, que también representan una fuente muy importante de materia orgánica (Orjuela, 2000).

El hecho de que la mayor acumulación de materia verde y seca haya ocurrido al mismo tiempo (105 dds) es importante, pues indica el momento de la expresión del máximo potencial de las asociaciones como fuente de materia orgánica y, por lo tanto, cuándo se deben utilizar para obtener el mayor beneficio en cuanto a su efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Burbano, 1989; Tisdale *et al.,* 1993; Gómez, 2000; Sylvia *et al*., 2005).

En general, los resultados de esta investigación reflejan que, al igual que en otras localidades (Viteri y Méndez, 2003; Viteri y Velandia, 2006), las asociaciones de abonos verdes que incluyen nabo forrajero sí representan una fuente alternativa de materia orgánica para los suelos de Turmequé. Su potencial se expresa claramente desde el primer cultivo y, de acuerdo con el manejo por parte del agricultor, puede incrementarse con el tiempo. Desde el punto de vista agronómico, es importante resaltar que se trata de la identificación de una fuente de materia orgánica que, al estar representada por abonos verdes, constituye una herramienta tecnológica muy útil para el nuevo enfoque de la agricultura, de acuerdo con el modelo agroecológico propuesto por Altieri y Nicholls (2000).

La identificación de esta herramienta tecnológica es pertinente ya que, si los abonos verdes se seleccionan adecuadamente según las condiciones agroecológicas propias de cada región, su potencial no sólo se expresará en términos de la protección del suelo contra la erosión y la generación de materia orgánica, sino que se extenderá a otros aspectos de vital importancia, como son el mejoramiento de la estructura, la fertilidad y la actividad biológica del suelo, la preservación de la calidad del ambiente y el control de

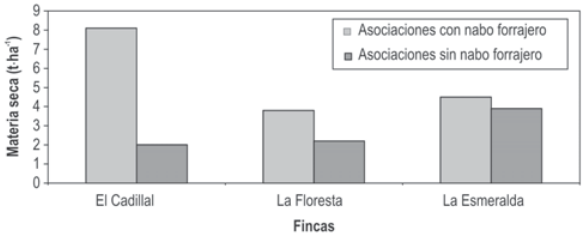

FIGURA 6. Promedio de materia seca producida por las asociaciones con y sin nabo forrajero. Municipio de Turmequé (Boyacá).

plantas arvenses, de insectos plaga y de enfermedades (Luna, 1998).

Con base en la revisión de la literatura, es posible afirmar que éste es un trabajo pionero en cuanto a la identificación de abonos verdes que, desde el punto de vista agronómico, ofrecen el mayor potencial para el uso y manejo apropiado de los suelos de Turmequé (Boyacá).

Comportamiento de las especies frente a enfermedades e insectos plaga

A los 105 dds de las asociaciones, se observó en el nabo forrajero cierta incidencia de *Alternaria sp.* y en la avena de roya (*Puccinia sp.*). La vicia no presentó ningún síntoma de enfermedad. El crecimiento del girasol fue afectado seriamente por ataque de *Botrytis sp.* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Se destaca la tolerancia de la avena, el nabo forrajero y la vicia frente a los problemas fitosanitarios; este comportamiento contribuye a potencializar en la región su uso como abono verde o cobertura, ya que ninguna de ellas originaría problemas de orden fitosanitario para los cultivos agronómicos.

Conclusiones

Las especies de abono verde que mejor se adaptan a las condiciones agroecológicas de Turmequé son el nabo forrajero, la avena y la vicia. El potencial de cada especie como fuente de materia orgánica depende de la localidad: el nabo forrajero fue considerablemente superior en *El Cadillal*, pero igualado por la avena en *La Esmeralda* y por la vicia en *La Floresta*.

El girasol, la higuerilla y la quinua, en cuanto a crecimiento y desarrollo, mostraron mucha desventaja frente a la avena, el nabo forrajero y la vicia; por lo tanto, su potencial como fuente de materia orgánica es virtualmente nulo. El girasol resultó muy susceptible al ataque de hongos.

Entre las localidades, el mayor aporte de fitomasa fresca y seca se obtuvo en la finca *El Cadillal*, seguida por *La Esmeralda* y *La Floresta*, respectivamente. Las asociaciones

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 337 06/10/2008 19:41:36

que incluyeron al nabo forrajero, además de ser las más altas en producción de fitomasa, se perfilaron como las más efectivas para el control de plantas arvenses.

En las tres localidades, el tiempo de la mayor acumulación tanto de fitomasa fresca como seca fue a los 105 dds, lo que indica que éste es el momento para utilizar las asociaciones y obtener el mayor beneficio como fuente de materia orgánica.

Hasta los 120 dds, las tres especies más promisorias no mostraron ningún síntoma de ataque de plagas o enfermedades de importancia. Esta característica asegura que su introducción en los sistemas de producción como fuente de materia orgánica no generaría problemas fitosanitarios.

Al tener en cuenta la tremenda desventaja mostrada por el girasol, la higuerilla y la quinua, se concluye que, desde el punto de vista agronómico, en las tres localidades el mayor potencial lo ofrece la asociación VAN (vicia × avena × nabo forrajero).

Entre las especies, el nabo forrajero fue preferido por los agricultores, en especial, por su efectiva contribución al control de plantas arvenses.

Agradecimientos

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y a Pronatta, por haber suministrado los recursos financieros y a Epifania Fraile, Edilberto Torres y Henry Moreno, por haber facilitado los lotes para la realización de los experimentos.

Literatura citada

Altieri, M. y C. Nicholls. 2000. Agroecología: teoría y prácticas para una agricultura sustentable. 1ª ed. Pnuma, México, DF. 43 p.

Angarita, R.A. 2004. Selección e introducción de abonos verdes para la sostenibilidad de los sistemas de producción en el valle de Samacá, Boyacá. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 173 p.

Burbano, O.H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Serie Investigaciones Nº 1. Universidad de Nariño. Talleres de Graficolor. Pasto, Nariño. 447 p.

Calegari, A. y M. Peñalva. 1994. Abonos verdes: importancia agroecológica y especies con potencial de uso en Uruguay. Canelones, Convenio Junta Nacional Agraria - GTZ, Montevideo. 152 p.

Cárdenas, A. 2004. Selección e introducción de abonos verdes para la sostenibilidad de los sistemas de producción en Pirgua y Paipa, Boyacá. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 134 p.

FAO. 2001. Conservation agriculture. Case studies in Latin America and Africa. En: http://www.fao.org/docrep/003/y1730e/y1730e00.html; consulta: abril de 2008.

Gómez, J. 2000. La materia orgánica en los agroecosistemas. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Talleres Gráficos de Impresora Feriva SA, Cali. 70 p.

Gómez, J., A. Pineda y M. Prager. 2002. Acolchados orgánicos (Mulch). Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Talleres Gráficos de Impresora Feriva SA, Cali. 54 p.

Gómez, K.A. y A.A. Gómez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York. 680 p.

Hernández, D.M. y S.E. Viteri. 2006. Selección de abonos verdes para el manejo y rehabilitación de los suelos sulfatados ácidos de Boyacá (Colombia). Agron. Colomb. 24(1), 131-137.

Luna, J. 1998. Multiple impacts of cover crops in farming systems. En: http://ifs.orst.edu/pubs/multiple_impacts_cover_crops.html; consulta: abril de 2008.

Orjuela, R. 2000. Evaluación de seis especies vegetales por su potencial como cultivos de cobertura y/o abonos verdes para regiones de clima frío. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 121 p.

Orjuela, S.C. 2000. Extensión rural y características socioculturales de campesinos y campesinas en el municipio de Turmequé, Boyacá. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 189 p.

Piamonte, R. 1993. Nuevos métodos de asociación para abono verde. Asociación Colombiana de Agricultura Biológica y Ecodesarrollo (Acabye), Bogotá. 7 p.

Proyecto Checua. 2000. Cultivar sin arar: labranza mínima y siembra directa en los Andes. CAR-KFW-GTZ, Colombia. 146 p.

Proyecto Procas (Proyecto Checua). 2002. Campo para el futuro: cultivar sin arar, sistemas sostenibles de producción. CAR-KFW-GTZ, Bogotá. 166 p.

Sylvia, D.M., J.J. Fuhrmann, P.T. Hartel y D. Zuberer. 2005. Principles and applications of soil microbiology. 2nd ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey. 640 p.

Tamayo, P. 2001. Evaluación de 12 especies vegetales con potencial de cobertura y/o abono verde para las zonas de clima frío en Ventaquemada, Boyacá. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 105 p.

Tisdale, S.L., L.N. Werner, J.D. Beaton y J.L. Halvin. 1993. Soil fertility and fertilizer. 5th ed. Macmillan Publishing Co., Nueva York. 634 p.

Thurston, H.D., M. Smith, G. Abawi y S. Kearl. 1994. Los sistemas de siembra con cobertura. CIIFAD. Cornell University, Nueva York. 330 p.

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 338 06/10/2008 19:41:36

Troeh, F.R., J.A. Hobbs y R.L. Donahue. 1980. Soil and water conservation, for productivity and environmental protection. Prentice Hall, New Jersey. 718 p.

Vargas, M. 2004. Selección e introducción de abonos verdes para la sostenibilidad de los sistemas de producción en Turmequé, Boyacá. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 122 p.

Viteri, S.E. 2002. Selección de cultivos de cobertura con potencial para el desarrollo agrícola sostenible en el municipio de Samacá, Boyacá. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 150 p.

Viteri, S.E. y M.J. Méndez. 2003. Abonos verdes: selección e introducción de abonos verdes para la sostenibilidad de los sistemas de producción en los municipios de Samacá, Turmequé, Tunja y Paipa, Boyacá. Cartilla técnica divulgativa. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 36 p.

Viteri, S.E. y J. Velandia. 2006. Evaluación de asociaciones vegetales por su potencial como fuente de materia orgánica para los suelos de Samacá (Boyacá). Agron. Colomb. 24(1), 138-146.

AGRONOMIA 26-2 -PROFE194).indd 339 06/10/2008 19:41:36