

# Evaluación de asociaciones vegetales por su potencial como fuente de materia orgánica para los suelos de Samacá (Boyacá)

## Evaluating vegetal association for potential as a source of organic matter for the soils of Samacá (Boyacá)

Silvio E. Viteri<sup>1</sup> y Jorge Velandia<sup>2</sup>

**Resumen:** El objetivo de este estudio fue identificar asociaciones de abonos verdes que demuestren el mejor potencial como fuente de materia para los suelos de Samacá. El estudio se desarrolló en tres fincas, una en el páramo y dos en el valle. De cada finca se tomó una muestra representativa de suelo para análisis de fertilidad. Los tratamientos estuvieron representados por 12 asociaciones triples de abonos verdes. Las especies incluidas en las asociaciones fueron vicia, lupino, avena, girasol, higuera y nabo forrajero. El diseño experimental fue bloques completos al azar, con 12 tratamientos y 3 repeticiones. El tamaño de la parcela fue 80 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas fueron producción de materia verde por especie, por asociación y por las arvenses y de materia seca por asociación. Además se observó la incidencia de enfermedades y plagas en las especies y se hizo una proyección de la posibilidad de ahorro en costos que el agricultor obtendría al utilizar las asociaciones en lugar de la gallinaza. Los resultados indicaron que las especies más promisorias son, en primer lugar, el nabo forrajero y, en segundo lugar, la avena, el girasol y la vicia. Entre las asociaciones, las de mayor potencial, como fuente de materia orgánica y posibilidad de ahorro en costos para el agricultor, para la zona de páramo son vicia + nabo forrajero + girasol y vicia + avena + nabo forrajero, y para el valle, vicia + avena + nabo forrajero, vicia + nabo forrajero + girasol y vicia + avena + girasol.

**Palabras claves adicionales:** abonos verdes, avena forrajera, girasol forrajero, nabo forrajero, vicia

**Abstract:** This study was aimed at identifying association between those green manures proving to have the greatest potential as a source of organic matter for the soils of Samacá (Boyacá, Colombia). The study was carried out on three farms, one in the highlands and two in the valley. A representative soil sample was taken from each farm for fertility analysis. The treatments were represented by 12 triple green manure associations. The species included in the associations were vicia, lupine, oat, sunflower, and castor-oil plants and forage turnips. A randomized complete block experimental design was used, having 12 treatments and 3 replications. Experimental plot size was 80 m<sup>2</sup>. The variables evaluated for association and weeds were green matter production by specie, and for association dry matter. The incidence of disease and insect attack on the species was also observed, as well as any potential cost saving which farmers would obtain by using the associations instead of chicken droppings. The results indicated that the most promising specie was forage turnips, followed by oats, sunflower and vicia. The associations having the highest potential as source of organic matter and potential cost savings for farmers on high lands were vicia + forage turnips + sunflowers, and vicia + oats + forage turnips. Vicia + oats + forage turnips, vicia + forage turnips + sunflowers, and vicia + oats + sunflowers had the best association for the valley.

**Additional key words:** green manure, forage oats, forage sunflowers, forage turnips, vicia

### Introducción

EN CONTRASTE CON EL CONSTANTE CRECIMIENTO poblacional y la demanda de alimentos en el mundo, las reservas de tierras aptas para producir más alimentos

se encuentran casi agotadas, por lo que se ha indicado que la alternativa es mejorar la productividad en las áreas que se encuentran en producción (Birbaumer et al., 2000). En los países en vía de desarrollo, la viabilidad de esta alternativa se encuentra seriamente ame-

Fecha de recepción: 20 de octubre de 2005  
Aceptado para publicación: 11 de mayo de 2006

<sup>1</sup> Profesor titular, Programa Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja. e-mail: sviteri@tunja.uptc.edu.co

<sup>2</sup> Profesor asociado, Programa Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) Tunja. e-mail: jvelandia@tunja.uptc.edu.co

nazada por la degradación progresiva de los suelos y la pérdida de las fuentes de agua. El deterioro de la capacidad productiva de los suelos es causado básicamente por la erosión y la disminución del contenido de materia orgánica (Grupos temáticos Procas, 2002). El 83% de los procesos dominantes que conducen a la degradación de los suelos es causado por la erosión (Birbaumer et al., 2000).

En la región andina de Colombia, donde se encuentra concentrado 78% de la población, la alta presión por el uso de la tierra, en conjunto con el uso de prácticas de manejo inadecuadas, ha ocasionado que 84% de los suelos se encuentren afectados principalmente por la erosión causada por las lluvias (IGAC, 1988). Debido a este problema, cuatro de cada cinco grupos familiares caen en la pobreza absoluta y se ven obligados a emigrar a las cabeceras municipales o a las grandes ciudades en busca de mejores alternativas de vida (Birbaumer et al., 2000). El problema se agudiza a medida que crece la población, se expande la frontera agrícola y el agricultor continúa explotando el suelo sin utilizar ninguna medida de protección. Es el caso de Samacá, donde el ejercicio de la agricultura con un enfoque de economía capitalista de pequeña empresa (Jerez, 2001), además de la degradación de los suelos, ha causado incremento de los costos de producción, disminución de los rendimientos, falta de diversificación de cultivos y alta incidencia de problemas fitosanitarios y ambientales.

Se sabe que la solución para corregir todos estos problemas es proteger el suelo contra los efectos de la erosión y adicionar materia orgánica para recuperar y mantener las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan su capacidad productiva; en tal sentido se han explorado varias alternativas tanto de origen orgánico como mineral (Gómez et al., 2002). Entre estas alternativas, desde el punto de vista agronómico y práctico, el uso de abonos verdes en los sistemas de producción se perfila como la más viable (Piamonte, 1993; Thurston et al., 1994; Troeh et al., 1980). Según el Proyecto Checua, 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 que, cuando se usan como coberturas, los protegen de la acción erosiva de la lluvia y el viento (Birbaumer et al., 2000). Sin embargo, el interés por estas especies, en especial en las regiones de clima frío, es reciente y por lo tanto el agricultor aún no dispone de materiales debidamente seleccionados que le permitan beneficiarse de dicha alternativa.

Con base en lo anterior, el objetivo general de esta investigación fue identificar asociaciones de abonos verdes que ofrezcan el mejor potencial como fuente alternativa de materia orgánica para la recuperación y sostenibilidad de la capacidad productiva de los suelos en el municipio de Samacá.

## Materiales y métodos

Esta investigación se realizó durante los meses de febrero a julio de 2003. Para el inicio se llevó a efecto una reunión con 60 agricultores del municipio con el fin de exponerles los fundamentos, objetivos y alcances del proyecto y además conseguir su participación activa en su desarrollo. Como resultado de la socialización del proyecto se consiguieron tres fincas, una en la zona de páramo –finca Alto del aire, 3090 msnm, vereda Ruchical– y dos en el valle del municipio –fincas San Cayetano y Nápoles, 2620 y 2600 msnm, respectivamente–. Del lote de cada finca se tomó una muestra representativa de suelo y se envió al Laboratorio de diagnóstico de suelos y aguas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para análisis de fertilidad. Los resultados de dichos análisis se presentan en la tabla 1. Después de preparado el terreno, se trazaron cuatro bloques de 12 parcelas cada uno. La distancia entre parcelas fue de 1,0 m y entre bloques, de 1,5 m. Las dimensiones de la unidad experimental fueron 8 x 10 m (80 m<sup>2</sup>).

Las especies evaluadas fueron dos leguminosas: vicia atropurpúrea (*Vicia sativa* L.) y lupino (*Lupinus albus* L.) –y cuatro no leguminosas: avena Caldas (*Avena sativa* L.), girasol (Hi-Doris) (*Helianthus annuus* L.), higuierilla (*Ricinus communis* L.) y nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.). Los tratamientos se estuvieron representados por las asociaciones siguientes: 1) vicia + avena + nabo forrajero (VAN); 2) vicia + avena + girasol (VAG); 3) vicia + avena + higuierilla (VAH); 4) vicia + nabo forrajero + girasol (VNG); 5) vicia + nabo forrajero + higuierilla (VNH); 6) vicia + girasol + higuierilla (VGH); 7) lupino + avena + nabo forrajero (LAN); 8) lupino + avena + girasol (LAG); 9) lupino + avena + higuierilla (LAH); 10) lupino + nabo forrajero + girasol (LNG); 11) lupino + nabo forrajero + higuierilla (LNH) y 12) lupino + girasol + higuierilla (LGH). El diseño experimental fue el de bloques completos al azar, con 12 tratamientos y 3 repeticiones (Gómez y Gómez, 1984).

El porcentaje de semilla de la leguminosa y de las dos especies no leguminosas en cada asociación fue 40:30:30, calculado a través de la densidad de siembra recomendada para cada especie en monocultivo (Bir-

Tabla 1. Características del suelo de las fincas utilizadas al inicio del estudio. Samacá (Boyacá).

| Análisis                      | Finca Nápoles     |                     | Finca Alto del aire |                       | Finca San Cayetano |                                |
|-------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|
|                               | Valor             | Nivel crítico       | Valor               | Nivel crítico         | Valor              | Nivel crítico                  |
| Textura                       | Franco- arcilloso | -                   | Franco- arcilloso   | -                     | Arcilloso          | -                              |
| pH                            | 5,8               | Moderadamente ácido | 4,7                 | Muy fuertemente ácido | 5,2                | Fuertemente ácido              |
| Materia orgánica (%)          | 3,1               | Bajo                | 7,21                | Medio                 | 3,0                | Bajo                           |
| P (ppm)                       | 98,3              | Alto                | 95,6                | Alto                  | 87,5               | Alto                           |
| Al (meq·100g <sup>-1</sup> )  | -                 | -                   | 2,0                 | Alto                  | 0,2                | Bajo                           |
| Ca (meq·100g <sup>-1</sup> )  | 9,3               | Adecuado            | 6,41                | Adecuado              | 9,0                | Adecuado                       |
| Mg (meq·100g <sup>-1</sup> )  | 4,1               | Alto                | 1,25                | Tendencia a bajo      | 3,9                | Alto                           |
| K (meq·100g <sup>-1</sup> )   | 1,6               | Alto                | 0,31                | Medio                 | 1,5                | Alto                           |
| Na (meq·100g <sup>-1</sup> )  | 0,5               | Normal              | 0,23                | Normal                | 0,5                | Normal                         |
| Fe (ppm)                      | 140,0             | Alto                | 159                 | Alto                  | 138,0              | Alto                           |
| Mn (ppm)                      | 7,8               | Tendencia a bajo    | 2,25                | Bajo                  | 14,2               | Adecuado                       |
| Cu (ppm)                      | 2,8               | Tendencia a bajo    | 2,04                | Tendencia a bajo      | 1,7                | Tendencia a bajo               |
| Zn (ppm)                      | 6,6               | Adecuado            | 5,5                 | Adecuado              | 5,3                | Adecuado                       |
| CIC (meq·100g <sup>-1</sup> ) | 15,4              | Medio               | 10,2                | Medio                 | 15,1               | Medio                          |
| CE (dS·m <sup>-1</sup> )      | 0,8               | Normal              | 0,8                 | Normal                | 1,4                | Tendencia a ligeramente salino |

CIC: capacidad de intercambio catiónico; CE: conductividad eléctrica

Fuente: Laboratorio de diagnóstico en suelos y aguas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. (Orjuela, 2000; Tamayo, 2001; Viteri y Méndez, 2003).

baumer et al., 2000). El porcentaje de semilla leguminosa fue más alto debido a la capacidad de estas especies para fijar el nitrógeno atmosférico e incorporarlo en el suelo. Tanto el fertilizante (174 kg· ha<sup>-1</sup>) como las cantidades de semilla correspondientes a cada asociación, se distribuyeron al voleo (especie por especie) y se tapó 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 arvenses y 4) producción de materia seca por asociación. La producción de fitomasa fresca y seca se determinó a los 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra (dds) y, para el efecto, en cada parcela se ubicó un área de un metro cuadrado en un sitio representativo del crecimiento en donde se cortaron todas las plantas presentes a la altura del cuello de la raíz, se separaron por especie y se pesaron. Para el peso seco, 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 la presencia de enfermedades y plagas en las especies.

Finalmente, se realizó una proyección en cuanto a la posibilidad de ahorro en costos que los agricultores

percibirían al utilizar las asociaciones de abonos verdes como fuente de materia orgánica en lugar de gallinaza, insumo que, además de no encontrarse suficientemente disponible en los mercados, aumenta constantemente su precio. La proyección se hizo con base en la cantidad de materia seca producida por las asociaciones, el costo de su producción y el costo que la cantidad de materia seca producida le representaría al agricultor, asumiendo que su precio sería igual al de la gallinaza en el mercado.

## Resultados y discusión

### Participación de los agricultores

De las entrevistas realizadas como inicio del desarrollo de las actividades, sólo dos grandes agricultores manifestaron estar en condición de suministrar los lotes para la realización de los experimentos. La gran mayoría son pequeños productores (95,4%), incluso muchos de ellos no tienen tierra y, por lo tanto, se desempeñan como arrendatarios o aparceros (Jerez, 2001). Bajo este patrón de tenencia de la tierra, lograr la participación de los productores es difícil, debido a que la gran mayoría carece de los medios para poder participar. Esta situación es preocupante, ya que son los pequeños productores quienes más necesitan las nuevas alternativas tecnológicas.

## Producción de materia verde por especie

Los resultados en una de las localidades, en cuanto a producción de materia verde por especie, se presentan en la tabla 2. El nabo forrajero produjo consistentemente las mayores cantidades de materia verde a lo largo del desarrollo del período vegetativo de las especies; en consecuencia, las asociaciones que incluyeron la especie nabo forrajero fueron las mejores. En las fincas Alto del aire y San Cayetano, el comportamiento de las especies

en cuanto a la acumulación de materia verde fue muy similar al observado en Nápoles. Al comparar los valores correspondientes a cada especie en cada finca, la mayor producción se obtuvo en Nápoles, luego en Alto del aire y por último en San Cayetano. En general, las condiciones físico-químicas del suelo en las tres fincas fueron buenas (tabla 1), pero en cuanto a acidez, Nápoles estuvo en ventaja (pH 5,8) frente a San Cayetano (pH 5,2) y al Alto del aire (pH 4,7). Al respecto, se sabe que la acidez del suelo afecta el desarrollo de la planta al influenciar especial-

Tabla 2. Producción de materia verde ( $t \cdot ha^{-1}$ ) por especie\* en su respectiva asociación. Finca Nápoles, vereda El Valle, municipio de Samacá (Boyacá).

| Asociación     | Días después de la siembra (dds) |       |       |       |       |
|----------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                | 60                               | 75    | 90    | 105   | 120   |
| Vicia          | 0,2                              | 24,7  | 0,9   | 0,8   | 0,1   |
| Avena          | 5,3                              | 6,0   | 5,0   | 10,7  | 8,3   |
| Nabo forrajero | 162,5                            | 172,7 | 85,7  | 114,7 | 123,3 |
| Vicia          | 2,5                              | 3,3   | 3,7   | 1,7   | 6,3   |
| Avena          | 32,3                             | 42,3  | 19,7  | 16,7  | 23,8  |
| Girasol        | 35,7                             | 45,7  | 39,0  | 47,7  | 52,8  |
| Vicia          | 4,0                              | 5,0   | 5,2   | 10,7  | 9,6   |
| Avena          | 20,0                             | 25,0  | 16,0  | 33,3  | 22,5  |
| Higuerilla     | 0,1                              | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,2   |
| Vicia          | 0,3                              | 0,4   | 0,7   | 0,3   | 2,8   |
| Nabo forrajero | 148,3                            | 158,3 | 82,7  | 96,3  | 102,4 |
| Girasol        | 12,0                             | 13,0  | 9,7   | 12,5  | 2,4   |
| Vicia          | 3,2                              | 4,0   | 3,0   | 4,0   | 4,2   |
| Nabo forrajero | 104,3                            | 114,3 | 69,7  | 62,7  | 105,2 |
| Higuerilla     | 0,01                             | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   |
| Vicia          | 8,0                              | 9,0   | 6,7   | 3,1   | 11,3  |
| Girasol        | 59,3                             | 66,0  | 40,3  | 59,3  | 62,5  |
| Higuerilla     | 1,3                              | 1,7   | 0,1   | 0,1   | 0,5   |
| Lupino         | 0,1                              | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   |
| Avena          | 10,0                             | 12,3  | 4,2   | 13,7  | 1,7   |
| Nabo forrajero | 118,7                            | 131,7 | 103,0 | 67,3  | 139,7 |
| Lupino         | 0,1                              | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,2   |
| Avena          | 25,0                             | 30,7  | 21,3  | 25,0  | 32,5  |
| Girasol        | 35,3                             | 40,7  | 26,7  | 40,0  | 42,8  |
| Lupino         | 0,1                              | 0,1   | 0,5   | 0,1   | 0,2   |
| Avena          | 45,3                             | 50,3  | 22,7  | 44,3  | 65,4  |
| Higuerilla     | 0,1                              | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,5   |
| Lupino         | 0,1                              | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,2   |
| Nabo forrajero | 110,7                            | 124,0 | 68,0  | 99,0  | 107,7 |
| Girasol        | 20,0                             | 22,7  | 11,6  | 17,3  | 20,0  |
| Lupino         | 0,1                              | 0,1   | 0,3   | 0,1   | 0,2   |
| Nabo forrajero | 200,0                            | 210,7 | 92,3  | 68,7  | 107,8 |
| Higuerilla     | 0,1                              | 0,1   | 0,2   | 0,1   | 0,5   |
| Lupino         | 0,1                              | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,2   |
| Girasol        | 101,0                            | 111,0 | 54,7  | 68,7  | 75,8  |
| Higuerilla     | 0,1                              | 0,1   | 0,2   | 0,2   | 0,3   |

\* Promedio de tres repeticiones.

mente la disponibilidad de fósforo (P) y molibdeno (Mo) y la solubilidad de aluminio (Al) y manganeso (Mn), los cuales son tóxicos para la planta (Tisdale et al., 1993). Sin embargo, cabe resaltar que el enfoque del proyecto fue justamente identificar las especies que mejor se comporten bajo las condiciones naturales del suelo sin aplicar correctivos, ya que la gran mayoría de agricultores no lo hace. Otro factor que posiblemente contribuyó a la obtención de mejores resultados en Nápoles fue la temperatura, 13 °C en promedio en el valle y 8 °C en el páramo, con desviaciones en las noches hasta por debajo de 0 °C (Jerez, 2001). En San Cayetano, la baja producción de las especies estuvo asociada a la falta de riego para la germinación y el buen comienzo del desarrollo de su período vegetativo.

Pese a las limitaciones anotadas, en la finca Alto del aire el nabo forrajero alcanzó a producir a los 105 dds entre 66 y 105 t·ha<sup>-1</sup> de materia verde y en San Cayetano a los 75 dds entre 35 y 89 t, cantidades que son también muy promisorias. En Nápoles, donde todos los factores de crecimiento fueron favorables, la mayor cantidad de materia verde se produjo a los 75 dds, en un rango entre 114 y 211 t·ha<sup>-1</sup>. Estos niveles de producción son muy superiores a los obtenidos en Uruguay (Calegari y Peñalva, 1994) y en otros municipios de Boyacá.

#### Producción de materia verde por las asociaciones y las plantas arvenses

Las figuras 1, 2 y 3 muestran la cantidad total de materia verde producida por las asociaciones y las plantas arvenses, en el momento de su mayor producción en cada una de las fincas. En general, la mayor producción de materia verde se presentó en las asociaciones que incluyeron nabo forrajero. El potencial de estas asociaciones estuvo determinado aproximadamente en un 90% por el nabo forrajero (tabla 2). El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre asociaciones en cada uno de los muestreos, en las tres localidades. Al momento de la mayor acumulación de materia verde, las asociaciones que significativamente se destacaron fueron en Alto del aire (figura 1), en primer lugar, vicia + nabo forrajero + girasol (114 t·ha<sup>-1</sup>), seguida de lupino + nabo forrajero + girasol (107 t·ha<sup>-1</sup>) y vicia + avena + nabo forrajero (90 t·ha<sup>-1</sup>); en Nápoles (figura 2), en primer lugar, lupino + nabo forrajero + higuera (211 t·ha<sup>-1</sup>), seguida de vicia + avena + nabo forrajero (179 t·ha<sup>-1</sup>), vicia + nabo forrajero + girasol (172 t·ha<sup>-1</sup>), lupino + avena + girasol (147 t·ha<sup>-1</sup>) y lupino + avena + nabo forrajero (144 t·ha<sup>-1</sup>).

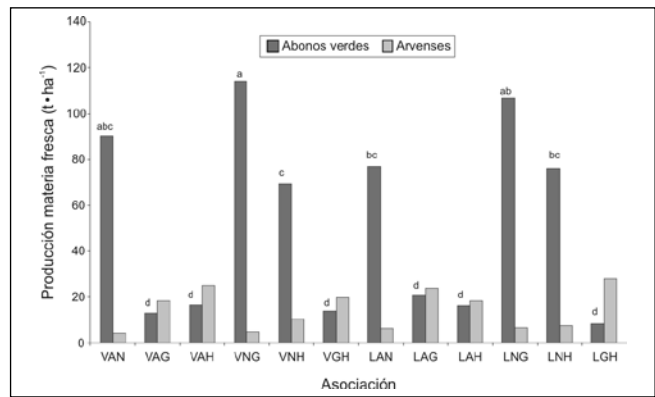


Figura 1. Producción de materia verde por las asociaciones y por las plantas arvenses a los 105 días de la siembra. Finca Alto del aire, vereda Ruchical, Samacá (Boyacá). Las letras sobre las barras corresponden al análisis estadístico de los abonos verdes.

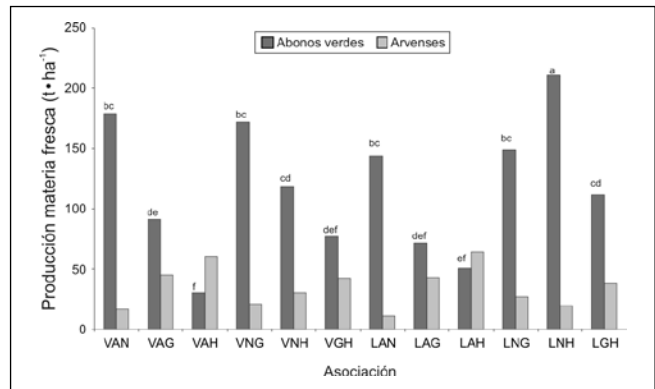


Figura 2. Producción de materia verde por las asociaciones y por las plantas arvenses a los 105 días de la siembra. Finca Nápoles, vereda El Valle, Samacá (Boyacá). Las letras sobre las barras corresponden al análisis estadístico de los abonos verdes.

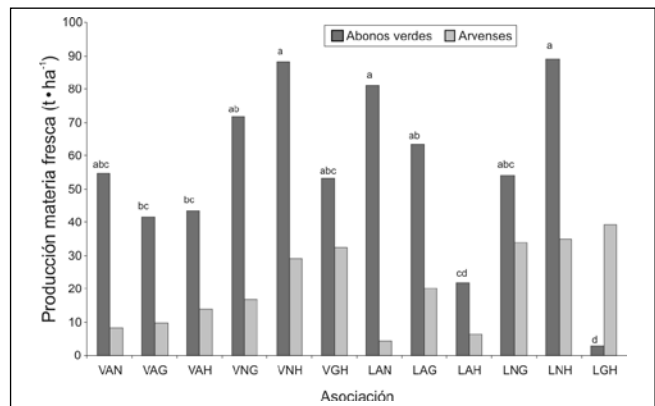


Figura 3. Producción de materia verde por las asociaciones y por las plantas arvenses a los 105 días de la siembra. Finca San Cayetano, vereda El Valle, Samacá (Boyacá). Las letras sobre las barras corresponden al análisis estadístico de los abonos verdes.

ha<sup>-1</sup>) y lupino + nabo forrajero + higuierilla (89 t·ha<sup>-1</sup>) y vicia + nabo forrajero + higuierilla (88 t·ha<sup>-1</sup>) y en San Cayetano (figura 3), en primer lugar, lupino + avena + nabo forrajero (81 t·ha<sup>-1</sup>), seguidas de vicia + nabo forrajero + girasol (72 t·ha<sup>-1</sup>), lupino + avena + girasol (63 t·ha<sup>-1</sup>), vicia + avena + nabo forrajero (55 t·ha<sup>-1</sup>), lupino + nabo forrajero + girasol (54 t·ha<sup>-1</sup>) y vicia + girasol + higuierilla (53 t·ha<sup>-1</sup>). Es conveniente advertir que en las asociaciones en las que aparece el lupino o la higuierilla, el potencial realmente se debió a las otras dos especies, ya que su aporte fue muy insignificante (tabla 2).

Respecto a las plantas arvenses, el análisis de varianza indicó que las diferencias entre las cantidades producidas en las asociaciones fueron significativas en todos los muestreos en las tres localidades, a excepción del muestreo a los 105 dds en la finca San Cayetano. Por lo general, las cantidades producidas fueron significativamente más altas en las asociaciones sin nabo forrajero. Al momento de la mayor acumulación de materia verde por las asociaciones, la producción promedio de arvenses en la finca Alto del aire (figura 1) alcanzó 6,5 t·ha<sup>-1</sup> en las asociaciones con nabo forrajero y 22,1 t·ha<sup>-1</sup> en las asociaciones sin nabo forrajero; en Nápoles (figura 2), 20,8 t·ha<sup>-1</sup> y 46,7 t·ha<sup>-1</sup> y en San Cayetano (figura 3), 21,2 t·ha<sup>-1</sup> y 20,3 t·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En San Cayetano la tardanza en la aplicación del riego favoreció el establecimiento de las arvenses aún en algunas de las asociaciones con nabo forrajero. En las asociaciones con nabo forrajero la presencia de arvenses fue muy esporádica; en consecuencia, su aporte de fitomasa, comparado con el de las asociaciones, fue muy bajo.

Estas observaciones destacan a las asociaciones con nabo forrajero, no sólo desde el punto de vista de producción de fitomasa, sino también por su aporte al control de arvenses. El hecho de que, en especial, el nabo forrajero contribuye al control de arvenses es muy importante para los agricultores, ya que en los cultivos tradicionales de la región uno de los principales factores que limitan la producción de cultivos es la alta incidencia de arvenses (Birbaumer et al., 2000). En general, las arvenses son poco deseables para los agricultores (Gómez et al., 2002) porque son plantas que se encuentran mejor adaptadas a las condiciones agroecológicas específicas de cada lugar y, por lo tanto, compiten muy eficientemente con los cultivos agronómicos por todos los factores de crecimiento, generando mayores costos de manejo y disminución de los rendimientos de los cultivos (Gómez, 2000). Sin embargo, si el agricul-

tor adopta el uso de abonos verdes como soporte de la sostenibilidad de sus sistemas de producción, las arvenses que emergen en conjunto con las asociaciones son también importantes puesto que, pese a su muy modesto aporte de fitomasa, contribuyen positivamente a la diversificación del 'cóctel de abonos verdes' propuesto por Piamonte (1993), con el fin de crear mayores probabilidades para el establecimiento de una agricultura productiva, rentable, competitiva y sostenible.

#### Producción de materia seca por asociación

La producción de materia seca por seis de las asociaciones en una de las localidades se presenta en la figura 4. En ésta se aprecia la marcada diferencia en capacidad de producción de fitomasa entre las asociaciones con y sin nabo forrajero. El tiempo de la mayor acumulación de materia seca coincidió con el de materia verde en Alto del aire y en Nápoles, a los 105 y 75 dds, respectivamente (figuras 1 y 2), pero en San Cayetano, en donde la mayor acumulación de materia verde ocurrió a los 75 dds (figura 3), pero la de materia seca, a los 120 dds. En general, las asociaciones que fueron las más altas en producción de materia verde lo fueron también en materia seca.

Las mejores asociaciones en Alto del aire fueron vicia + nabo forrajero + girasol (23,1 t·ha<sup>-1</sup>), lupino + nabo forrajero + girasol (21,8 t·ha<sup>-1</sup>) y vicia + avena + nabo forrajero (18,3 t·ha<sup>-1</sup>); en Nápoles, lupino + nabo forrajero + higuierilla (44,1 t·ha<sup>-1</sup>), vicia + avena + nabo forrajero (41,1 t·ha<sup>-1</sup>) y vicia + nabo forrajero + girasol (35,8 t·ha<sup>-1</sup>) y en San Cayetano, vicia + nabo forrajero + higuierilla (16,2 t·ha<sup>-1</sup>), vicia + nabo forrajero + girasol (13,7 t·ha<sup>-1</sup>) y lupino + nabo forrajero + higuierilla (13,6

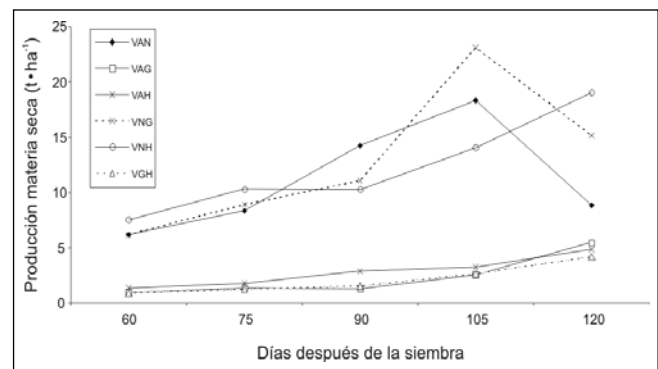


Figura 4. Producción de materia seca total por las asociaciones de vicia (V) con avena (A), nabo forrajero (N), girasol (G) o higuierilla (H), durante el desarrollo de su periodo vegetativo. Finca Alto del aire, Samacá (Boyacá).

t·ha<sup>-1</sup>). Al igual que en el caso de la materia verde, en las asociaciones en las que aparece el lupino o la higuerrilla el potencial corresponde a las otras dos especies, en particular, al nabo forrajero.

Al promediar los totales de materia seca producida por las asociaciones con nabo forrajero en el momento de mayor acumulación (figura 5), en Alto del aire y San Cayetano se obtuvo sólo 52,7% y 33,5%, respectivamente, de lo que se produjo en Nápoles. Esta observación pone de relieve que el potencial de producción de fitomasa de las asociaciones depende de las condiciones agroecológicas propias de cada región, en especial, de la clase de suelo y la disponibilidad de agua. Por lo tanto, son más que justificados los esfuerzos que se hagan en investigaciones que conduzcan a la selección específica de los materiales más promisorios para una determinada región.

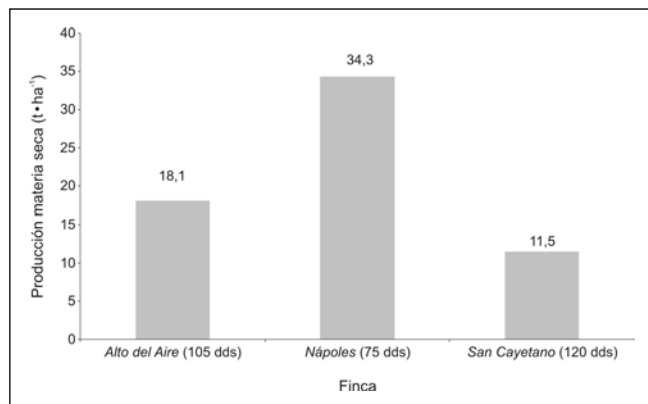


Figura 5. Promedio de materia seca producida por las asociaciones con nabo forrajero, al momento de la mayor acumulación. Samacá (Boyacá).

#### Comportamiento de las especies frente a enfermedades y plagas

La inspección ocular de las especies en las fincas a los 120 dds condujo a las observaciones siguientes: 1) ninguna de las especies presentó síntomas de ataque severo de fitopatógenos; 2) los síntomas de ataque observados fueron leves y algunos de ellos, muy localizados; 3) en el nabo forrajero se encontraron *Alternaria* sp. y roya blanca (*Albugo candida*); la incidencia de *Alternaria* sp. fue un poco más acentuada en el páramo, debido a la mayor humedad relativa que predomina en este piso térmico; 4) en el girasol se presentó baja incidencia de *Botrytis* sp., *Sclerotinia sclerotiorum* y deroya (*Puccinia* sp.); 5) en la avena se detectó un leve ataque de roya (*Puccinia* sp.) y 6) en ninguna de las especies se presentó ataque de importan-

cia por insectos plaga. Lo anterior verifica que las especies evaluadas en este estudio sí cumplen con ese importante requisito de los abonos verdes de ser tolerantes a plagas y enfermedades, característica muy esencial para evitar la diseminación de problemas fitosanitarios a los cultivos agronómicos. De acuerdo con estas observaciones, se puede inferir que el uso de estas asociaciones de abonos verdes en el momento de su mayor acumulación de fitomasa, a los 75 dds en el valle y a los 105 dds en el páramo, no representa ningún riesgo fitosanitario para los sistemas de producción.

#### Proyección de beneficio del uso de abonos verdes en asociación

No cabe la menor duda que el uso de abonos verdes en los sistemas de producción es beneficioso desde el punto de vista agronómico, ecológico y de eficiencia económica (Burbano, 1989; Sylvia et al., 1998; Birbaumer et al., 2000; Grupos temáticos Procas, 2002; Gómez, 2000; Gómez et al., 2002); el problema es que la información es generalizada y en la práctica no se dan recomendaciones específicas para una región determinada. En particular en este estudio, además de la evaluación específica de 12 asociaciones de abonos verdes bajo dos altitudes de Samacá, la idea fue determinar de manera muy aproximada si frente a la gallinaza –fuente de materia orgánica a la que recurre generalmente el agricultor– la alternativa de los abonos verdes resulta más favorable en términos de costos. Según la tabla 3, excepto para las asociaciones de lupino, los costos de producción de las asociaciones son bajos y, por lo tanto, posibles de ser cubiertos, no solamente por los grandes, sino también por los medianos y pequeños productores, en especial si se pone de relieve que las semillas de nabo forrajero y de vicia podrían ser producidas por el mismo agricultor en su finca. Los valores de la misma tabla indican además que la mayor posibilidad de ahorro en los costos de materia orgánica se presentó en Nápoles, luego en Alto del aire y por último en San Cayetano. Es claro que si las condiciones que se requieren para el establecimiento y crecimiento de las asociaciones son adecuadas, como en Nápoles, el potencial de ahorro en la inversión para el agricultor es bastante considerable. En la finca Alto del aire esta posibilidad fluctuó entre \$ 1.167.561 y \$ 4.215.254; en Nápoles, entre \$ 23.040 y \$ 8.216.074 y en San Cayetano, entre \$ 55.258 y \$ 2.685.212. Descartando a las asociaciones con lupino e higuerrilla por sus bajos aportes, el mayor potencial de ahorro para el agricultor en Alto del aire se obtuvo con las asociaciones

Tabla 3. Proyección costo-beneficio del uso de asociaciones de abonos verdes como fuente de materia orgánica en lugar de gallinaza. Municipio de Samacá (Boyacá).

| Asociación | Costo total de producción (\$) | Finca Alto del aire                          |  |                                       | Finca Nápoles                                |  |                                       | Finca San Cayetano                           |  |                                       |
|------------|--------------------------------|--|--|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
|            |                                | Materia seca producida (t·ha <sup>-1</sup> ) | Valor de la materia seca producida al precio de la gallinaza* (\$) | Ganancia respecto a la gallinaza (\$) | Materia seca producida (t·ha <sup>-1</sup> ) | Valor de la materia seca producida al precio de la gallinaza* (\$) | Ganancia respecto a la gallinaza (\$) | Materia seca producida (t·ha <sup>-1</sup> ) | Valor de la materia seca producida al precio de la gallinaza* (\$) | Ganancia respecto a la gallinaza (\$) |
| VAN        | 710.000                        | 18,34  | 3.986.951  | 3.276.951                             | 41,06  | 8.926.074  | 8.216.074                             | 9,3  | 2.021.736  | 1.311.736                             |
| VAG        | 801.500                        | 2,54   | 552.173  | - 249.327                             | 18,32  | 3.982.603  | 3.181.103                             | 11,08  | 2.408.692  | 1.607.192                             |
| VAH        | 818.000                        | 3,23   | 702.173  | - 115.827                             | 6,28   | 1.365.215  | 818.000                               | 8,89   | 1.932.606  | 1.114.606                             |
| VNG        | 813.000                        | 23,13  | 5.028.254  | 4.215.254                             | 35,79  | 7.780.424  | 6.967.424                             | 13,68  | 2.973.909  | 2.160.909                             |
| VNH        | 830.000                        | 14,09  | 3.063.039  | 2.233.039                             | 24,52  | 5.330.427  | 4.500.427                             | 16,17  | 3.515.212  | 2.685.212                             |
| VGH        | 921.000                        | 2,64   | 573.912  | - 347.088                             | 15,12  | 3.286.952  | 2.365.952                             | 7,17   | 1.558.693  | 637.693                               |
| LAN        | 2.082.000                      | 15,67  | 3.406.517  | 1.324.517                             | 30,03  | 6.528.252  | 4.446.252                             | 7,96   | 1.734.731  | - 347.269                             |
| LAG        | 2.173.000                      | 4,25   | 923.912  | 1.249.088                             | 14,47  | 3.145.648  | 972.648                               | 10,25  | 2.228.258  | 55.258                                |
| LAH        | 2.190.000                      | 3,29   | 715.216  | 1.474.784                             | 10,18  | 2.213.040  | 23.040                                | 7,73   | 1.680.432  | - 509.568                             |
| LNG        | 2.185.000                      | 21,77  | 4.732.602  | 2.547.602                             | 30,55  | 6.641.295  | 4.456.295                             | 8,25   | 1.793.476  | - 391.524                             |
| LNH        | 2.202.000                      | 15,50  | 3.369.561  | 1.167.561                             | 44,08  | 9.582.595  | 7.380.595                             | 13,63  | 2.963.039  | 761.039                               |
| LGH        | 2.293.000                      | 1,48   | 321.739  | 1.971.261                             | 22,56  | 4.904.341  | 2.611.341                             | 1,58   | 343.478  | -1.949.522                            |

\*Precio de la gallinaza en el mercado: \$217.391 por tonelada, año 2002. Fuente: Almacén Fertilizantes y Fertilizantes, Tunja.

VAN, vicia+avena+nabo forrajero; VAG, vicia+avena+girasol; VAH, vicia+avena+higuerilla; VNG, vicia+nabo forrajero+girasol; VNH, vicia+nabo forrajero+higuerilla; VGH, vicia+girasol+higuerilla; LAN, lupino+avena+nabo forrajero; LAG, lupino+avena+girasol; LAH, lupino+avena+higuerilla; LNG, lupino+nabo forrajero+girasol; LNH, lupino+nabo forrajero+higuerilla y LGH, lupino+girasol+higuerilla

vicia + nabo forrajero + girasol (\$ 4.215.254) y vicia + avena + nabo forrajero (\$3.276.951); en Nápoles, con vicia + avena + nabo forrajero (\$ 8.216.074), vicia + nabo forrajero + girasol (\$ 6.967.424) y vicia + avena + girasol (\$ 3.181.103) y en San Cayetano, con vicia + nabo forrajero + girasol (\$ 2.160.909), vicia + avena + girasol (\$1.607.192) y vicia + avena + nabo forrajero (\$1.311.736). Además de la amplia gama de beneficios de los abonos verdes –ampliamente conocida–, estos resultados sobre los posibles ahorros en los costos para el agricultor podrían ser decisivos, en gran medida, a la hora de la adopción de esta alternativa.

## Conclusiones

- Las especies de abonos verdes o coberturas más promisorias para el municipio de Samacá son, en primer lugar, el nabo forrajero y, en segundo lugar, la avena, el girasol y la vicia.
- Aunque el aporte de fitomasa de la avena, el girasol y la vicia, comparado con el del nabo forrajero, es bajo, las tres especies deben incluirse en las asociaciones ya que, además de contribuir a la diversificación del 'coctel de abonos verdes', son importantes para el balance de la relación carbono nitrógeno de la fitomasa producida y el mayor reciclaje de nutrientes para los cultivos agronómicos.

- Las cuatro mejores especies conforman asociaciones que, como fuente de materia orgánica y posibilidad de ahorro en los costos de producción para el agricultor, representan una excelente alternativa a la gallinaza en Samacá. En su orden, las asociaciones más promisorias para la zona de páramo son: vicia + nabo forrajero + girasol y vicia + avena + nabo forrajero y para el valle: vicia + avena + nabo forrajero, vicia + nabo forrajero + girasol y vicia + avena + girasol.
- Hasta los 120 dds, las especies presentaron síntomas muy leves de fitopatógenos y no se observó ataque de insectos plagas; por lo tanto, al tiempo de la mayor acumulación de fitomasa –105 dds en el páramo y 75 dds en el valle–, las asociaciones seleccionadas pueden ser utilizadas sin representar ningún riesgo fitosanitario para los cultivos agronómicos.
- A través de la participación en los días de campo, los agricultores se familiarizaron con las especies y las asociaciones de abono verde y manifestaron una especial preferencia por el nabo forrajero.

## Agradecimientos

A Hugo López y Eduardo Castellanos, por haber suministrado los lotes para la realización de los experimentos; a Luz Dary Bustamante, de la Umata (Unidad municipal de asistencia técnica agropecuaria) de Samacá, por su va-



liosa colaboración para el contacto con los agricultores y a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y a Pronatta (Programa Nacional de Transferencia de Tecnología), por haber suministrado los recursos económicos para la realización de la investigación.

### Literatura citada

- Birbaumer, G. y Grupos temáticos del proyecto. 2000. Cultivar sin arar. Labranza mínima y siembra directa en los Andes. Proyecto Checua-CAR-GTZ, Colombia. 146 p.
- Burbano, O.H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Serie Investigaciones N° 1. Universidad de Nariño, Graficolor, Pasto. 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. Asunción. 172 p.
- Gómez, J. 2000. La materia orgánica en los agroecosistemas. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Feriva S.A., Cali. 70 p.
- Gómez, J., A. Pineda y M. Prager, M. 2002. Acolchados orgánicos (Mulch). Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Feriva S.A., Cali. 54 p.
- Gómez, K.A. y A.A. Gómez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 680 p.
- Grupos temáticos Procas. 2002. Campo para el futuro: cultivar sin arar, sistemas sostenibles de producción. Procas (proyecto Checua)-CAR-GTZ, Bogotá. 166 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. 1988. Suelos y bosques de Colombia. El problema de erosión y su repercusión en la productividad de las tierras en el país. Bogotá. 134 p.
- Jerez, J.M. 2001. Plan de desarrollo, Municipio de Samacá 2001-2003. Primera parte. Alcaldía de Samacá. pp. 1-4.
- 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. Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja. 121 p.
- Piamonte, R. 1993. Nuevos métodos de asociación para abono verde. Asociación Colombiana de Agricultura Biológica y Ecodesarrollo (Acabye), Bogotá. 7 p.
- Sylvia, D.M., J.J. Fuhrmann, P.T. Hartel y D. Zuberer. 1998. Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall, London. 550 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. Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 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., New York. 634 p.
- Thurston, H.D., M. Smith, G. Abawi y S. Kearl. 1994. Los sistemas de siembra con cobertura. CIFAD. Cornell University, New York. 330 p.
- Troeh, F.R., J.A. Hobbs y R.L. Donahue. 1980. Soil and water conservation, for productivity and environmental protection. Prentice Hall Inc., New Jersey. 718 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 (UPTC), Tunja. 36 p.