

## CONSERVACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE FRANJAS DE CADUCIFOLIOS, RECICLAJE DE NUTRIENTES Y BIOFERTILIZANTES

Fidel Angel Pabón Guerrero <sup>1</sup>

Jesús García Buitrago <sup>2</sup>

### RESUMEN

Se presentan en este trabajo, los resultados de la utilización de franjas de caducifolios como una alternativa tecnológica para suelos afectados por degradación físico-química y biológica, mediante la utilización de modelos de conservación y recuperación de suelos de ladera. El estudio se realizó en la provincia de Pamplona, departamento de Santander en Colombia, en los pisos térmicos frío y páramo, con topografía quebrada a fuertemente quebrada en la cual se establecen cultivos limpios de papa, frijol, maíz y hortalizas, empleando prácticas de preparación del suelo con azadón en sentido de la pendiente. La degradación provocada por estas prácticas hace que el productor tenga que restituir los nutrientes perdidos en el proceso de erosión con altas dosis de fertilizantes que afectan la rentabilidad y competitividad de su explotación. En los tres años de investigación en zonas de ladera, se encontró que el aporte de biomasa tanto de los caducifolios como de los cultivos de cobertura, contribuyen a mejorar las características químicas de los suelos de ladera, con incrementos de hasta el 3% de materia orgánica, 1.9 ppm de fósforo y 0.6 meq/100 g de potasio. Los rendimientos obtenidos tanto en los cultivos de cobertura como en los de rotación, tuvieron diferencias significativas. El maíz alcanzó una producción de 1.2 ton, el frijol 0.8 ton y la papa criolla de 10 ton/ha. Estos rendimientos son superiores a los obtenidos en la zona en forma tradicional, como cultivos limpios. La producción de los caducifolios a los tres años fue de 15.0 ton de manzana, 13.5 ton de ciruela y 16.0 ton de durazno, rendimientos que contribuyen a mejorar las condiciones socioeconómicas de los productores.

**PALABRAS CLAVES :** Conservación de suelos, erosión, fertilidad, degradación, arrastre de suelos.

### SUMMARY

The results of the utilization of strips of caducifolios trees are shown as a technological alternative for affected physical chemical and biological soil degradation, done for the use of conservation models and recovering of hillside soils. The study was conducted in the Pamplona province at Santander department of Colombia, in the cold and paramo ground levels, with rupture to very ruptured topography, in which clean crops like potato, kidney bean, corn and vegetables, are established employing practices for soil preparation with hoe in pendant direction. The degradation caused by this practice demand from the producer to reconstitute erosion lost nutrients, with high doses of fertilizers that affect the profitability and competitiveness of its farm. In the three years of research in hillside zones, it was found that the contribution in biomass as much of the caducifolio as the cover crops contribute to improve the chemical characteristics of the hillside soils, with increments up to the 3% of organic matter, 1.9 ppm of phosphorus and 0.6 meq/100 g of potassium. The product obtained as much in the covering crops as rotation crops had significant differences. The corn reaches a yield of 1.2 ton, the kidney bean 0.8 and the creole potato 10 ton/ha. This harvest are superior to the ones obtained in the zone in a traditional way as clean crops, otherwise the yield of the caducifolios after the three years was of 15.0 ton of apple, 13.5 ton of plum 6.0 ton of peach; this product contribute to improve the socio-economic conditions of the producers.

**Key words:** soil conservation, erosion, fertility, degradation, wash down soils.

<sup>1</sup> I.A. Investigador. C.I. El Zulia - Cúcuta - CORPOICA

<sup>2</sup> I.A. Coordinador Creced Provincia de Pamplona - CORPOICA

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en los municipios de Pamplonita, Labateca y Silos, en suelos de ladera del piso térmico frío, con pendientes mayores del 50% y con problemas de erosión. La actividad agrícola está representada por sistemas de producción de papa (5.600 ha), frijol (1.200 ha/año), hortalizas (780 ha/semestre) y maíz (2.500 ha/año). Debido a la necesidad de incrementar la producción de los sistemas tradicionales, aumentar el área sembrada en ladera y mejorar las condiciones de supervivencia, los productores han recurrido a la deforestación de los pequeños bosques intervenidos que aún existen en las partes altas de los suelos de ladera.

Las consecuencias ecológicas originadas por el mal uso del suelo y destrucción de la diversidad de la fauna, (Michaelsen, 1980) han determinado la disminución de la capacidad productiva tanto en términos de alimentos como de los recursos hídricos, a tal extremo, que los productores deben recurrir a la utilización de tecnologías costosas en aplicación intensiva de fertilizantes, adecuación de suelos para zonas de cultivo e instalar una infraestructura de riego. Estas prácticas inciden directamente en el deterioro económico y social de los productores agropecuarios de economía campesina. (CAR, 1975, 1983).

Recientes resultados de investigación (CIAT, 1986 ; Salas, 1981) muestran que las condiciones físico-químicas del suelo se pueden mejorar con explotaciones múltiples como alternativa tecnológica. Se formuló entonces este trabajo con el interés de determinar la producción de biomasa de árboles caducifolios y de cultivos de cobertura en cada ciclo del cultivo, y su impacto sobre las propiedades químicas del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron en tres municipios del Norte de Santander (Pamplonita, Labateca y Silos), en donde se sembraron parcelas de cultivos de caducifolios : (*Manzana, durazno, ciruelo*) y *Feijoa*, en alturas comprendidas entre 1.700 y 2.500 m s.n.m., precipitaciones promedias anuales que fluctuaron

entre 600 y 1.600 mm. Los experimentos se sembraron entre el mes de Diciembre del 94 y Octubre del 95, utilizando un diseño de tratamientos de factorial dispuestos en el campo en bloques al azar, en donde las localidades se tomaron como repeticiones. En cada una de las parcelas de cultivos de caducifolios, se establecieron como cultivos de cobertura: *frijol, maíz, papa, arveja, hortalizas (Cebolla de rama y arracacha)*.

Los cultivos se sembraron en franjas de 4 x 4 m, utilizando unidades experimentales de 10 surcos para caducifolios y un área de 256 m<sup>2</sup> como unidad experimental para los cultivos de cobertura. La evaluación del efecto de la siembra de caducifolios y aporte de biomasa se hizo en 10 árboles tomados al azar en los cuales se registró la producción en verde y se tomó una muestra para determinar el porcentaje de materia seca. En cultivos de cobertura las observaciones se hicieron en 10 sitios cada uno de 1.0 m<sup>2</sup>. La evaluación de caducifolios y cultivos de cobertura se llevó a cabo con base en las siguientes observaciones :

- Cambios en las propiedades químicas de los suelos, mediante análisis al iniciar los experimentos y después de tres años.
- Producción de caducifolios (*manzana, ciruela y durazno*)
- Producción de biomasa de caducifolios
- Producción de biomasa de cultivos de cobertura
- Producción de cultivos de cobertura

El manejo agronómico de las parcelas experimentales se hizo con las prácticas utilizadas por los agricultores, aplicando materia orgánica en el cultivo de las hortalizas, según sus requerimientos nutricionales y análisis de suelos en proporción de 250 g / planta cada seis meses para los caducifolios y compensador de frío Dormex en proporción de 100 cm<sup>3</sup> para 20 litros de agua; en el control de comedores de hojas se efectuaron aplicaciones de Dipel.

Al iniciar el experimento se tomaron muestras del suelo a 30 cm de profundidad en cada unidad experimental. Al cabo del tercer año, se tomaron nuevas muestras para determinar el cambio en las propiedades químicas del suelo, las cuales se analizaron en el Laboratorio de suelos de CORPOICA en Tibairatá.

Los datos fueron procesados en un Microcomputador, mediante el sistema SAS (Statistical Analysis System), para determinar el análisis de varianza y la similitud o diferencia entre los tratamientos, mediante comparaciones múltiples de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cambios en las propiedades químicas de los suelos

Los análisis de suelos realizados en las diferentes localidades, muestran diferentes grados de fertilidad como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Estado Inicial de fertilidad de los suelos Pamplonita, Silos y Labateca 1,994

| Localidad  | Acidez | Materia orgánica % | Fósforo ppm | Meq/100 gramos de suelo |         |        |          |
|------------|--------|--------------------|-------------|-------------------------|---------|--------|----------|
|            |        |                    |             | Aluminio                | Potasio | Calcio | Magnesio |
| Pamplonita | 4.9 b* | 4.9 a              | 104 a       | 1.9 a                   | 0.50 b  | 6.1 b  | 3.1a     |
| Silos      | 5.05 b | 2.5 b              | 24 b        | 1.8 a                   | 0.37 b  | 7.6 b  | 0.87 b   |
| Labateca   | 6.1 a  | 2.5 b              | 12 b        | 0.0 b                   | 0.79 a  | 15.6 a | 1.7 b    |

\* Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.  $P < 0.05$  Probabilidad Duncan.

La acidez para las localidades de Pamplonita y Silos fue estadísticamente igual, con 1.85 meq de Al/ 100 gramos, mientras que los suelos de Labateca no presentan aluminio intercambiable y tienen una acidez moderada, datos que coinciden con Marín y colaboradores, 1979.

La materia orgánica en las tres localidades es baja, puesto que el porcentaje es menor de 5.0 tal como fue encontrado por Marín y León, 1971. Por lo tanto se aplicaron cantidades apropiadas de nitrógeno mediante el uso de fertilizantes o de residuos de cosecha. El contenido de fósforo es bajo para las localidades de Silos y Labateca puesto que su nivel es menor de 24 ppm, siendo estadísticamente igual para las dos localidades y diferente para la localidad de Pamplonita.

Los contenidos de bases intercambiables (potasio y calcio), para las localidades de Pamplonita y Silos, no ofrecen diferencias significativas pues sus contenidos fueron apropiados y superiores a 30 meq/100 g de suelo para potasio. Con respecto al calcio se encontró que los suelos están bien provistos, con contenidos superiores a 6.1 meq, observando diferencias significativas con el contenido en suelos de Labateca que tiene 15.6 meq, siendo estadísticamente diferentes y superiores a las otras localidades. El contenido de magnesio para las localidades de Silos y Labateca no difieren significativamente, mostrando un contenido bajo en comparación con las localidades de Pamplonita cuyo contenido es de 3.51 meq. Para las localidades de Silos y Labateca se considera que la relación Ca/Mg es muy amplia, siendo necesario proveerlos de cantidades adecuadas de magnesio.

Después de tres años de experimentación, se observaron cambios significativos en el contenido nutricional (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido final de Nutrientos en tres localidades : Pamplonita, Silos y Labateca 1.997

| Localidad  | Acidez  | Materia orgánica % | Fósforo ppm | Meq/100 gramos de suelo |         |        |          |
|------------|---------|--------------------|-------------|-------------------------|---------|--------|----------|
|            |         |                    |             | Aluminio                | Potasio | Calcio | Magnesio |
| Pamplonita | 5.3 b * | 5.1 a              | 140 a       | 1.6 a                   | 0.67 a  | 6.2 a  | 0.67 b   |
| Silos      | 5.4 b   | 3.4 b              | 105 a       | 0.75 b                  | 0.72 a  | 7.7 a  | 0.72 b   |
| Labateca   | 6.1 a   | 5.9 a              | 26 b        | 0.0 b                   | 1.2 a   | 1.5 b  | 1.2 a    |

\* Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.  $P < 0.05$  Probabilidad Duncan

Al comparar los datos de la investigación, se encontró que el pH tuvo cambios significativos para las localidades de Pamplonita y Silos mas no para las localidades de Labateca.

Respecto al contenido de materia orgánica, en todas las localidades se registraron incrementos de 4.9% a 5.1% para la localidad de Pamplonita. Para la localidad de Silos de 2.5% a 3.4% y para Labateca de 2.5% a 5.9%, lo cual sugiere que el aporte de biomasa después de tres años produce cambios en la materia orgánica. Al considerar el contenido de fósforo en las localidades al final de los experimentos, se observa que el incremento para las localidades de Pamplonita y Silos fue superior al encontrado en la localidad de Labateca, sugiriendo que el aporte de biomasa contribuye a incrementar el contenido de Fósforo, posiblemente por el aporte de fósforo orgánico contenido en la biomasa que durante tres ciclos se ha mineralizado.

El incremento de Fósforo y materia orgánica en Labateca fue inferior al registrado en las otras dos

localidades, lo cual sugiere que el aporte de biomasa contribuye más eficientemente a incrementar el contenido nutricional para las localidades de Pamplona y Silos, debido posiblemente a la mayor mineralización de la materia orgánica por las condiciones climáticas.

Respecto al contenido de aluminio, se observa una tendencia a su reducción en Pamplonita y Silos, lo cual puede estar influenciado por el incremento en los contenidos de calcio.

El potasio fue el elemento que mayor incremento registró en todas las localidades, con valores estadísticamente iguales en los tres sitios experimentales, lo que sugiere que en su contenido influye el aporte de biomasa, tanto el de los caducifolios como el de los cultivos de cobertura: *maíz, frijol, papa, arveja y hortalizas*. Con respecto al contenido de magnesio se encontró una reducción significativa para todas las localidades y en mayor proporción para las localidades de Pamplonita, posiblemente debido a la extracción realizada por los cultivos en franja en rotación.

Tabla 3. Contenido nutricional de los suelos en las franjas de caducifolios. 1.994

| Caducifolios | Acidez | Materia orgánica % | Fósforo ppm | Meq/100 gramos de suelo |         |        |          |
|--------------|--------|--------------------|-------------|-------------------------|---------|--------|----------|
|              |        |                    |             | Aluminio                | Potasio | Calcio | Magnesio |
| Manzana      | 5.4 a  | 2.8 a              | 34.0 a      | -                       | 0.4 a   | 11.0 a | 2.40 a   |
| Durazno      | 5.4 a  | 3.4 a              | 44.0 a      | -                       | 0.65 a  | 10.0 a | 2.1 a    |
| Ciruela      | 5.2 b  | 3.8 a              | 85.0 a      | -                       | 0.56 a  | 7.2 a  | 1.4 a    |
| Feijoa       | 5.3 ab | 2.9 a              | 23.0 a      | -                       | 0.61 a  | 10.5 a | 2.0 a    |

\* Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.  $P < 0.05$  Probabilidad Duncan

Los contenidos nutricionales para las diferentes franjas no presentan diferencias significantes en las localidades, indicando que los suelos en donde se establecieron los experimentos no acusan problemas de Aluminio, tienen contenidos bajos de materia orgánica, contenidos entre medios y altos de Fósforo y altos contenidos de Potasio. Los contenidos de Calcio y Magnesio son apropiados para todas las localidades, registrándose una relación Ca/Mg aceptable para el desarrollo de los cultivos.

Al comparar los contenidos nutricionales del suelo al iniciar y finalizar el experimento, se puede observar que hubo una reducción de la acidez de los suelos en las franjas de caducifolios. El contenido de materia orgánica se incrementó de manera significativa en todas las franjas. Comparando los contenidos de Fósforo y Potasio al iniciar el experimento y después de tres años, se observa que hubo un cambio significativo para el contenido de estos elementos y

que los contenidos dentro de las franjas no ofrecen diferencias, lo cual sugiere que el aporte de biomasa por los caducifolios contribuye a cambiar significativamente su contenido.

Se aprecia que al final del experimento los contenidos de Calcio y Magnesio se redujeron considerablemente, posiblemente por la extracción que hacen los caducifolios, estos elementos no fueron proporcionados con fuentes químicas adicionales. Se concluye entonces que los frutales extraen altas cantidades de Calcio y Magnesio y que posiblemente el reciclaje de estos elementos no alcanza a suplir los requerimientos de los caducifolios. Si se tiene en cuenta que la cosecha de los caducifolios fue recogida, con un promedio de 14.5 ton de fruta, se supone que estos frutales son altamente extractores de Calcio y Magnesio, ya que sus contenidos en su fruta no fueron reciclados.

**Tabla 4. Contenido nutricional de los suelos en las franjas de caducifolios al final del experimento**

| Caducifolios | Acidez | Materia orgánica % | Fósforo ppm | Meq/100 gramos de suelo |         |        |          |
|--------------|--------|--------------------|-------------|-------------------------|---------|--------|----------|
|              |        |                    |             | Aluminio                | Potasio | Calcio | Magnesio |
| Manzana      | 5.6 a* | 4.5 a              | 35.0 a      | -                       | 0.63 a  | 6.0 a  | 0.63 a   |
| Durazno      | 5.7 a  | 4.8 a              | 46.0 a      | -                       | 1.06 a  | 5.6 a  | 1.06 a   |
| Ciruela      | 5.5 a  | 5.4 a              | 87.0 a      | -                       | 0.93 a  | 5.3 a  | 0.93 a   |
| Feijoa       | 5.7 a  | 4.5 a              | 25.0 a      | -                       | 0.90 a  | 3.6 a  | 0.90 a   |

\* Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.  $P < 0.05$  Probabilidad Duncan.

#### Producción de biomasa y materia seca por caducifolios y cultivos de cobertura

El análisis de los contenidos de biomasa y materia seca indica que el mejor ambiente para producir biomasa y materia seca fue Labateca, siendo superior el aporte en las localidades de Pamplonita y Silos, observando que el aporte de biomasa al suelo se incrementó con los años.

**Tabla 5. Producción de biomasa y materia seca en caducifolios. Pamplonita, Silos y Labateca. Promedio de tres años. 1994 - 1997**

| Tratamiento | Biomasa g/planta | Materia seca g/planta |
|-------------|------------------|-----------------------|
| Manzana     | 953.9 b*         | 237.0 b               |
| Durazno     | 1631.0 a         | 442.2 a               |
| Ciruelo     | 697.0 b          | 165.41 b              |

\* Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.  $P < 0.05$  Probabilidad Duncan.

# MEMORIAS

El Duraznero aporta la mayor cantidad de biomasa y materia seca al suelo, con valores significativamente superiores a los proporcionados por el Manzano y el Ciruelo. No se detectaron diferencias estadísticas entre las dos localidades (Tabla 5). Es evidente que el Duraznero es un caducifolio que para las zonas en estudio se desarrolla con más rapidez, su crecimiento fue superior a las dos especies incluidas en estudio (Manzano y Ciruelo) y por tanto el aporte de biomasa y materia seca también resultó considerablemente superior.

Respecto al cultivo de cobertura, se observa que dentro de las localidades no hubo diferencias significantes en la producción de biomasa y materia seca, indicando que las tres localidades son iguales. Igualmente se encontró que no hubo diferencias entre cosechas

durante los años 1995 al 97. Se concluye por lo tanto que la producción de biomasa y materia seca no resultó afectada por la variable semestre.

La especie que proporcionó mayor biomasa y materia seca al suelo fue el maíz, con aportes estadísticamente superiores a los realizados por los otros cultivos de cobertura. Tabla 6. La arracacha y la papa suministraron cantidades significantes de biomasa y materia seca al suelo, pero con valores estadísticamente inferiores a los aportados por el maíz. El cultivo de cobertura que menos biomasa y materia seca aporta al suelo es la cebolla de rama, debido a su escaso desarrollo. El frijol como leguminosa fijadora de nitrógeno es la especie que más beneficio la representa al suelo por el aporte de materia orgánica y materia seca. (Zuluaga, 1969).

**Tabla 6. Producción de biomasa y materia seca de los cultivos de cobertura en rotación. Labateca, Pamplonita y Silos. Promedio de tres años. 1995- 1997**

| Especies                     | Biomasa<br>g / 10 plantas | Materia seca<br>g / 10 plantas |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Frijol                       | 600.6 c*                  | 140.13 b                       |
| Maíz                         | 2565.6 a                  | 574.72 a                       |
| Hortalizas (cebolla de rama) | 657.7 c                   | 164.62 b                       |
| Arracacha                    | 1340.0 b                  | 332.50 b                       |
| Papa                         | 1393.3 b                  | 333.33 b                       |

\*Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente. P < 0.05 Probabilidad Duncan

## Producción de Caducifolios

Los rendimientos de la especie de caducifolios en el tercer año de haber establecido el cultivo fueron superiores para el Duraznero y Manzana.

Aunque las producciones de Ciruela fueron de 13.5 ton/ha, estos rendimientos se consideran aceptables para las condiciones de los agricultores de la zona que aún, sin tener un conocimiento adecuado del manejo del cultivo, alcanzaron buenos rendimientos. Si se tiene en cuenta el valor promedio por kilogramo de fruta para cada una de las especies, los mayores

rendimientos económicos se lograron con el duraznero, cuyo valor comercial fue igual al registrado en la región para las frutas importadas. Respecto al costo de establecimiento, las unidades familiares inician la recuperación de la inversión a partir del cuarto año por el ingreso de la venta de frutos. Igualmente se debe tener en cuenta el ingreso de algunos cultivos de cobertura obtenidos de la cosecha, puesto que si el frijol, la arveja y el maíz se cosechan para consumo en fresco, solamente se extrae de las parcelas una escasa cantidad de biomasa, quedando para incorporar la aportada por el forraje verde como residuos de cosecha.

**Tabla 7. Valores de producción cultivos en franjas. Pamplonita 1997.**

| Especie   | Rendimiento | Valor \$ kilogramos | Valor producción | Mercados      |
|-----------|-------------|---------------------|------------------|---------------|
| Manzana   | 15.000      | 3.500               | 525.000          | Local - Finca |
| Ciruela   | 13.500      | 3.000               | 405.000          | Finca - Local |
| Duraznero | 16.000      | 3.800               | 608.000          | Finca         |

## CONCLUSIONES

- 1 El sistema de cultivos de caducifolios en franjas y de cobertura en suelos de ladera, demostró un mejoramiento gradual de la fertilidad durante el periodo de experimentación, incrementando el contenido de materia orgánica (M.O) en un 3%, el fósforo (P) en 1.9 ppm, y el potasio (K) en 0.6 meq/100 g, para los tres años de estudio.
- 2 Al iniciar el estudio, los suelos tenían un pH bajo, especialmente en las localidades de Pamplonita y Silos. Estos valores se mejoraron con el aporte de biomasa, tanto de caducifolios como de cultivos de cobertura. Los contenidos de fósforo, potasio y calcio tenían valores medios, con la excepción de las localidades de Labateca para contenidos de fósforo. Los bajos contenidos de magnesio en las localidades de Pamplonita, Silos y Labateca, al finalizar el estudio, indican, que para mantener la sostenibilidad de este elemento, se requiere la aplicación de dosis adecuadas de una fuente de magnesio.
- 3 Del análisis de los datos respecto al aporte de biomasa, tanto de caducifolios como de cultivos de cobertura, se deduce que esta práctica es aplicable para mejorar la fertilidad de los suelos de ladera.
- 4 Este documento es un aporte a los procesos de investigación en conservación y recuperación de suelos de ladera, dirigido especialmente a los técnicos de las UMATA, Investigadores estatales y particulares.

## RECOMENDACIONES

- 1 Establecer parcelas de escorrentía en franjas de caducifolios y cultivos de cobertura, con el propósito de obtener una medida real sobre pérdidas químicas y físicas de los suelos en zonas de ladera.
- 2 Obtener mayor información sobre la influencia de las condiciones climáticas (altura, precipitación, temperatura) apropiadas para el desarrollo de la especie de Manzana variedad Anna, buscando uniformidad del fruto y maduración.
- 3 A partir del tercer año del establecimiento de los caducifolios, se recomienda la adopción de las prácticas necesarias para aciclarlos a las condiciones bimodales de la zona.
- 4 Realizar ajuste de tecnología relacionados con aplicaciones de compensadores de frío (dormex) para mejorar la productividad.
- 5 Llevar a cabo estudios fisiológicos que permitan detectar las causas de la caída de frutos y flores en caducifolios.

## BIBLIOGRAFIA

CAR. 1983. Cartilla de conservación de suelos, CAR., Bogotá.

\_\_\_\_\_, 1975. Manual de conservación de suelos de ladera, Fedecafé, Bogotá.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL CIAT. 1996. Conservación de suelos en ladera: buscando nuevas alternativas. Memorias Seminario Taller sobre Actualización en conservación de suelos de ladera. (INAT-CECIL-IICA). Santafé de Bogotá.

MARÍN, G.; BLANCO S.O y HENAO, J., 1979. Estado de la fertilidad de los suelos y necesidades de fertilizantes para la zona sur de Norte de Santander, documento de trabajo No. 42. p. 36.

MARÍN, G. y LEÓN L.A. 1971. Generalidades sobre la fertilidad de los suelos Colombianos. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario, Boletín Técnico No. 11. p.24

MICHAELSEN, T. 1980. Manual de conservación de suelos en ladera, PNUD-FAO, Tegucigalpa. México.

SALAS, G., 1981. El uso múltiple de los suelos en América tropical, EUNED, Costa Rica.

ZULUAGA, M., L. 1969. Efecto de leguminosas forrajeras tropicales en el contenido de nitrógeno de algunas gramíneas. Escuela de Graduados UN-ICA. Tesis. 40 pp.