

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |  | <b>VERSION 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 1 de 91         |

**CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA  
CORPOICA**

**INFORME TECNICO FINAL**

**INSTITUCIONES PARTICIPANTES:**

**Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural**

**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA**

**Comité de Ganaderos del Meta**

**FINANCIADO POR:**

**Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural**

**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA**

**Federación Colombiana de Ganaderos FEDEGAN**

**Título del Proyecto:**

**Desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles para la producción competitiva de carne bovina en la Altillanura plana Colombiana**

**Líder: Alvaro Rincón Castillo**

**C.I. / E.E: La Libertad**

**Fecha: Enero 10 de 2011**

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 2 de 91  |

**Datos básicos del proyecto.**

**Entidad financiadora:** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

**Entidad (es) ejecutora (s):** CORPOICA

**Código de Agenda:** 7766

**Número del convenio:** 1421

**Número de Contrato:** 07H1313 706-937/2007

**Líder del proyecto:** Alvaro Rincón Castillo

**Equipo ejecutor del proyecto:** Mauricio Álvarez, Hernando Florez, Samuel Caicedo, Cesar Jaramillo, Nora Cubillos, Otoniel Pérez, Guillermo Bueno, Oscar Pardo, Pedro Medina, Carlos Toro, Marleny Roldan, Román Álvarez, Oscar Gallo

**Centro de investigación y sede del líder:** La Libertad

**Fecha de Iniciación:** 4 de diciembre de 2007

**Fecha de Finalización:** 4 de diciembre de 2010

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 3 de 91  |

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| Resumen  | 4  |
| Planteamiento del problema   | 5  |
| Objetivos  | 6  |
| Objetivo general   | 6  |
| Objetivos específicos  | 6  |
| Capítulo 1: Sistemas agrosilvopastoriles, para mejorar los rendimientos de carne bovina en la Altiplanura plana  |    |
| Introducción   | 7  |
| Materiales y métodos   | 7  |
| Resultado y discusión  | 15 |
| Conclusiones   | 48 |
| Capítulo 2: Uso de los cultivos como estrategia de alimentación de bovinos durante la época seca   |    |
| Introducción   | 50 |
| Materiales y métodos   | 50 |
| Resultado y discusión  | 54 |
| Conclusiones   | 62 |
| Capítulo 3: Desarrollo de una herramienta para determinar la disponibilidad forrajera aplicado al manejo del pastoreo en agroecosistemas ganaderos, utilizando técnicas de fotografía convencional |    |
| Introducción   | 63 |
| Materiales y métodos   | 63 |
| Resultado y discusión  | 65 |
| Conclusiones   | 74 |
| Capítulo 4: Socialización, difusión y transferencia de tecnología  |    |
| Introducción   | 75 |
| Materiales y métodos   | 75 |
| Resultado y discusión  | 75 |
| Conclusiones generales   | 79 |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 4 de 91  |

|  |    |
|--|----|
| Recomendaciones  | 80 |
| Resultados esperados, resultados obtenidos e indicadores | 81 |
| Productos y/o procesos generados e Impactos              | 82 |
| Bibliografía   | 84 |
| Anexos   | 86 |

## Resumen

El proyecto se desarrolló en fincas de la Altillanura plana del municipio de Puerto López, con el fin de mejorar la alimentación del ganado de carne con base en forrajes más productivos integrando la agricultura, la ganadería y los árboles. Se desarrollaron cuatro actividades: 1. Integrar la agricultura, los árboles y la ganadería, para mejorar los rendimientos de carne bovina en la Altillanura plana, para lo cual se realizó en cuatro fincas, el establecimiento de los pastos *B. brizantha* cv Toledo y el híbrido de *Brachiaria* Mualto II en asociación con maíz y su posterior evaluación con animales. Además se introdujeron en los potreros, árboles de *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* y *Eucalipto pellita*, en franjas conformadas por dos surcos. Con las enmiendas y fertilizantes aplicadas al maíz se mejoraron las condiciones de fertilidad en las cuatro fincas que contribuyó a un incremento en la producción de forraje en mas de un 50% y el aumento en la capacidad de carga de 0,8 a 2,5 an/ha mejorando la productividad de carne de 200 a 570 kg/ha/año, durante los tres años de evaluación bajo pastoreo. La concentración de nutrientes en el suelo disminuyó, lo cual conlleva a la necesidad de hacer fertilización de mantenimiento o sembrar nuevamente maíz para recobrar la fertilidad y la productividad del sistema. La segunda Actividad se realizó en dos fincas de la Altillanura, y consistió en la utilización de los cultivos de maíz y soya forrajera, como alternativa de alimentación animal, durante la época seca, para reducir las perdidas que suceden tradicionalmente por falta de forraje en los potreros. Los cultivos se establecieron en dos lotes de 1 ha cada uno y se cosecharon en forma simultanea a los 80 días después de la siembra. Se obtuvo una producción de forraje ensilado entre 25 y 30 t/ha con un contenido de proteína cruda entre 12 y 13%. Este ensilaje se les suministró a los novillos en un promedio de 20 kg/an/día durante los meses mas secos del año (Febrero marzo), obteniendo ganancias de peso animal entre 600 y 700 gr/an/día, evitando perdidas como sucedió con los animales que estuvieron en pastoreo sin la suplementación con ensilaje. La tercera actividad se hizo con el fin de desarrollar herramientas para tomar decisiones adecuadas sobre el manejo de los potreros y contribuir a reducir la degradación de praderas. Se realizaron los primeros diseños y ajustes de equipos para la toma de fotografías desde un globo y se realizaron correlaciones entre variables de altura y producción de forraje de los principales pastos cultivados en la región (*B.*

|   |                                  |                 |
|---|----------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                    | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                                  | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO<br>FINAL | Página 5 de 91  |

*humidicola*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. brizantha*). En las regresiones obtenidas, solamente el pasto *B. decumbens* presentó un coeficiente de determinación aceptable ( $R^2= 0,71$ ) También se relacionó el índice de verdor medido con un clorofilómetro y el contenido de proteína en las hojas de los pastos ya mencionados, encontrando un coeficiente de determinación mayor en el *B. decumbens* ( $R^2= 0,88$ ). En la cuarta actividad se realizó la transferencia de tecnología en forma conjunta con el Comité de ganaderos del Meta. El proceso de transferencia de conocimientos se realizó bajo tres aspectos: Capacitación teórico - práctica en la producción de pastos a 80 ganaderos, durante 4 días. Giras técnicas, días de campo y seminarios para mostrar resultados relevantes a productores, estudiantes y asistentes técnicos. Elaboración de material impreso divulgativo que incluye la publicación de artículos científicos y la capacitación a tres estudiantes en pasantía y una tesis.

### Planteamiento del problema

Los suelos de la Orinoquia son ácidos, poseen bajos contenidos de nutrientes y altos niveles de aluminio; lo que incide en la baja producción y calidad nutritiva del forraje de las praderas, y en los bajos índices productivos de las explotaciones bovinas de la región (CIAT, 1983). La mayoría de las gramíneas nativas de las sabanas bien drenadas de la Altillanura son de baja producción y deficiente calidad nutritiva, y constituyen el recurso alimenticio de los hatos de cría de la región (sistemas de producción extensivos). La base de la alimentación de los bovinos es el forraje de pastoreo, constituyéndose en la forma más económica para la producción de carne y leche. Desde la década de los sesenta, se han introducido a la región especies de pastos más productivos y de mejor calidad que la sabana nativa, lo cual ha permitido aumentar la productividad animal en 20 veces. Los pastos nativos e introducidos, presentan una disponibilidad y calidad de forraje que va de acuerdo a las características del suelo. En las praderas nativas por la baja disponibilidad de forraje, es necesario entre 5 y 10 ha para sostener un animal. Sumado a esto, por los bajos contenidos de proteína, fósforo y calcio, se tienen bajos índices productivos y reproductivos del ganado. El escaso desarrollo de raíces que se concentra en los primeros 10 cm del suelo y la baja capacidad de retención de agua de estos suelos, hacen que desde los inicios de la época seca, los animales no tengan forraje, causando perdidas de peso y su consecuente retraso en el desarrollo productivo y reproductivo (CORPOICA, 2001).

Las praderas introducidas, en su mayoría constituidas por *Brachiaria decumbens*, han entrado en un proceso de degradación causada por la ausencia de una fertilización que reponga los minerales extraídos por el animal, pastoreo con una carga excesiva de animales que afecta las características físicas del suelo y causa desaparición de las especies forrajeras y la invasión de

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 6 de 91  |

especies indeseables y ataque de plagas. Como consecuencia de esto, la producción de forraje se ha reducido en mas de un 50%, la carga animal es de solo en 0.8 animales por ha y la ganancia de peso se encuentra en 120 kg/ha/año. La problemática de la degradación de praderas esta generalizada en las sabanas de América tropical que tienen una extensión de 250 millones de hectáreas incluyendo a los Llanos de Colombia y Venezuela y los Cerrados del Brasil; este proceso de deterioro ya supera el 50% de esta área (Prositropicos, 1993; Macedo, 2004). En los Llanos Colombianos se estima que de las 2.000.000 ha en pastos introducidos, 1.000.000 ha están en proceso de degradación (Rincón, 1999). A la situación alimenticia planteada, se agrega el estrés ambiental que sufren los animales debido a la falta de prácticas adecuadas de manejo como la provisión de sombra en los potreros y el suministro de dietas acorde con su estado fisiológico.

Con el presente proyecto se busca aumentar la productividad ganadera de la región, mejorando y complementando el recurso que ya posee el productor como son los suelos, praderas y animales, integra la agricultura a la ganadería para mejorar la producción y calidad del forraje de pastoreo y para la obtención de cosechas de cultivos que serán fuente de alimentación del ganado en la época seca, con la implantación de árboles de rápido crecimiento se espera mejorar las condiciones eco fisiológicas del ganado y además será la fuente de madera y leña para el propio aprovechamiento de la finca. Por consiguiente, el propósito es contribuir a solucionar dos de los principales problemas que afronta la ganadería actualmente en la Orinoquia Colombiana: La escasez de forraje en la época seca y la degradación de praderas y la falta de sombrío natural al ganado y la permanente extracción del bosque de galería (CORPOICA, 1999).

## Objetivos

### Objetivo General

Contribuir a incrementar la productividad y competitividad de los sistemas de producción de carne bovina, mediante la implementación de tecnologías agrosilvopastoriles en la Altillanura plana Colombiana.

### Objetivos Específicos

1. Integrar la agricultura, los árboles y la ganadería, para mejorar los rendimientos de carne bovina en la Altillanura plana.
2. Utilizar los cultivos en la alimentación de bovinos, como estrategia de intensificación de los sistemas ganaderos y evitar pérdidas de producción animal, durante la época seca.
3. Desarrollar una herramienta para determinar la disponibilidad forrajera aplicado al manejo del pastoreo en agroecosistemas ganaderos, utilizando técnicas de fotografía convencional.
4. Socialización, difusión y transferencia de tecnología a productores y transferidores.

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 7 de 91  |

## **Capítulo 1. Sistemas agrosilvopastoriles para mejorar los rendimientos de carne bovina en la Altillanura plana.**

### **Introducción**

La Altillanura Colombiana ha sido escenario de importante desarrollo agroindustrial, que con el esfuerzo del gobierno y empresarios del campo se convertirá en una importante zona productora de alimentos para el país, donde la carne bovina se constituye en uno de los productos con mas ventajas comparativas de producción, para en corto tiempo contribuir a los mercados internos con carne de buena calidad y posteriormente participar en el mercado de exportación, bajo un sistema de explotación agrosilvopastoril, donde la rentabilidad, el mejoramiento y conservación de los recursos naturales contribuirán a la competitividad de la ganadería de esta región (Sierra, 2006). El área potencial para el futuro desarrollo agrícola se ubica en la altillanura plana, en donde a corto y mediano plazo, está considerada en los planes de desarrollo agropecuario del país, con el mejoramiento de la infraestructura especialmente en vías hacia los centros de consumo. El establecimiento y recuperación de praderas con cultivos como el maíz y las rotaciones de los cultivos de maíz y soya (CORPOICA, 2004), han demostrado la gran viabilidad biológica y económica para la región, por los altos rendimientos obtenidos y el mejoramiento en las condiciones químicas de los suelos a lo cual ha contribuido las enmiendas aplicadas y el uso racional de fertilizantes. Los trabajos realizados en Colombia en sistemas agropastoriles se basan en el sistema arroz- pastos y maíz - pastos con trabajos realizados en algunas fincas de la Altillanura y en los Centros de Investigación (CORPOICA, 2002). Durante los 10 últimos años se han sembrado más de 20.000 ha de maíz en rotación con soya, en la Altillanura Colombiana, con un rendimiento promedio de 5.5 t ha<sup>-1</sup> de maíz y 2.5 t ha<sup>-1</sup> de soya, proceso en el cual se han utilizado insumos que han mejorado notablemente la fertilidad de estos suelos, presentando mejores condiciones para el desarrollo de pastos más productivos.

### **Materiales y Métodos**

La actividad se ha basado en el establecimiento de los pastos Mulato II y Toledo, en asociación con el maíz y los árboles de *Eucalipto pellita*, *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* y evaluación bajo pastoreo, en tres fincas dedicadas a la ganadería de carne y en la E.E. Taluma.

### **Localización**

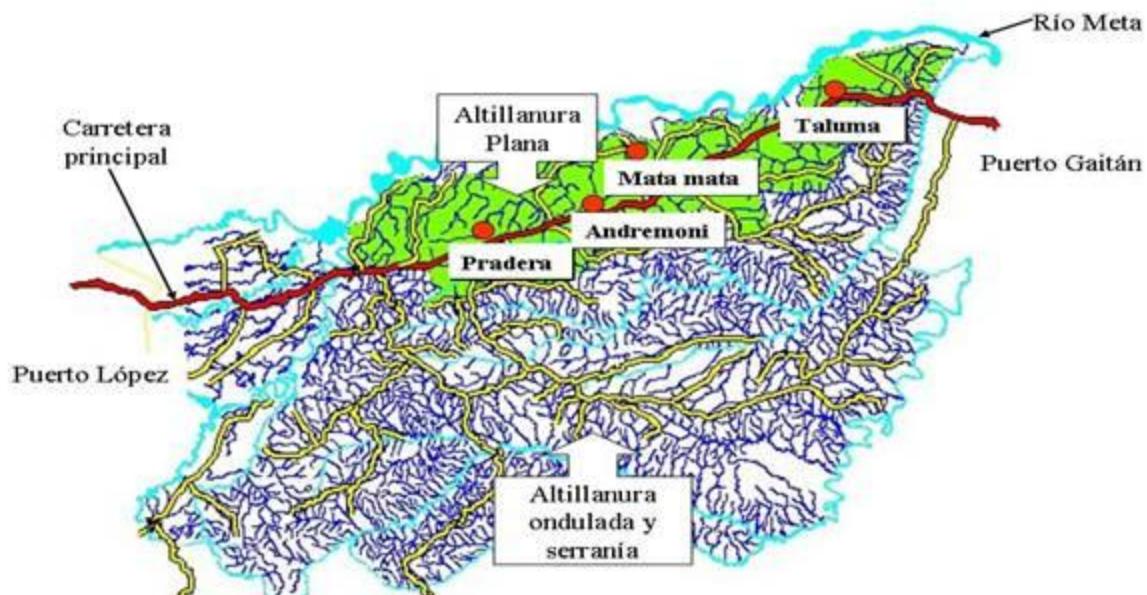
La ubicación de las fincas se presenta en la Figura 1, bajo las siguientes condiciones de explotación y manejo:

**Finca 1:** En un área de 24 ha conformada por sabana nativa (Estación Experimental Taluma)

**Finca 2:** En un área de 24 ha conformada por una pradera degradada de *Brachiaria decumbens* (Finca Andremoni)

**Finca 3:** En un área de 24 ha conformada por un terreno donde previamente se realizaron dos rotaciones del cultivo de maíz. (Finca Mata mata)

**Finca 4:** En un área de 24 ha conformada por una pradera de *B. humidicola* en estado de degradación (Finca La Pradera).



**Figura 1.** Localización de las fincas en la Altillanura plana

En las cuatro fincas se tomaron muestras de los suelos, con el fin de analizar la concentración de nutrientes en el suelo y determinar los insumos necesarios para cubrir los requerimientos del cultivo de maíz asociado con pastos, para tener un buen desarrollo y lograr alta producción de grano y de forraje. La saturación de bases en los suelos de las fincas se ajustó a un valor de 50% con el fin de dar las condiciones adecuadas para el buen desarrollo del maíz.

### Especies utilizadas

#### Maíz

Híbrido comercial Pionner 30F88 adaptado a las condiciones agro ecológicas de la región, seleccionado para integrarlo a los sistemas de producción, por su alto rendimiento de grano y de forraje.

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 9 de 91  |

### Gramíneas forrajeras

*Brachiaria brizantha* cv Toledo, especie de alta producción de forraje y alta capacidad de carga, con tolerancia a la plaga “mión de los pastos” (*aeneolamia sp*) (Lascano *et al.*, 2002; Argel, *et al.*, 2000).

Híbrido de *Brachiaria* cv. Mulato II, segundo híbrido de *Brachiaria* generado para suelos de mejor fertilidad, con alto potencial de producción de forraje de buena calidad y resistente al mion de los pastos (Miles y Valle, 1998).

### Leguminosa forrajera

*Stylosanthes capitata* cv. Capica, leguminosa desarrollada para asociarla con pastos en condiciones de la Altillanura Colombiana.

**Árboles:** *Eucalipto pellita*, *Acacia mangium*, *Gmelina arborea*. Estos son árboles de buena adaptación y rápido desarrollo en la Orinoquia colombiana.

### Diseño experimental

Los árboles y los pastos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. El área de cada unidad experimental fue de 2 ha.

La parcela principal estuvo conformada por los árboles (con árboles y sin árboles) y la subparcela por los pastos (Mulato II y Toledo)

Todos los tratamientos fueron establecidos con el cultivo de maíz.

### Tratamientos

- *Brachiaria brizantha* cv Toledo + híbrido de maíz con árboles = 2 ha
- *Brachiaria brizantha* cv Toledo + híbrido de maíz sin árboles = 2 ha
- Pasto Mulato II + híbrido de maíz con árboles = 2 ha
- Pasto Mulato II + híbrido de maíz sin árboles = 2 ha

Con las tres repeticiones, cada pasto se estableció en un área de 6 ha. El área total del experimento en cada finca fue de 24 ha y el área total en las cuatro fincas de 96 ha.

### Establecimiento del experimento

La Labranza se realizó de acuerdo a la condición física de los suelos la cual se manifestó con alta compactación, evaluada mediante pruebas de resistencia a la penetración y densidad aparente (Tabla 1).

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 10 de 91</b> |

**Tabla 1.** Características físicas de los suelos a dos profundidades antes de la preparación de suelos en fincas de la Altillanura plana

| Finca     | Densidad aparente (g/cc) | Densidad real (g/cc) | Porosidad (%) | Densidad aparente (g/cc)  | Densidad real (g/cc) | Porosidad (%) |
|-----------|--------------------------|----------------------|---------------|---------------------------|----------------------|---------------|
|           | Profundidad de 0 a 10 cm |                      |               | Profundidad de 10 a 20 cm |                      |               |
| Andremoni | 1,5                      | 2,6                  | 42            | 1,6                       | 2,7                  | 41            |
| Mata mata | 1,5                      | 2,7                  | 44            | 1,6                       | 2,7                  | 41            |
| Taluma    | 1,6                      | 2,7                  | 41            | 1,7                       | 2,7                  | 37            |
| Pradera   | 1,6                      | 2,6                  | 38            | 1,7                       | 2,7                  | 37            |

La densidad aparente fue alta en todas las fincas especialmente en Taluma, la cual se encontraba en sabana nativa y en la finca la Pradera, donde el área seleccionada estaba cubierta por *B. humidicola* sobrepastoreado. En estas dos fincas la densidad aparente fue de 1.6 g/cc, a una profundidad de 0 a 10 cm y de 1,7 g/cc entre 10 y 20 cm, como consecuencia de esto, la concentración de poros donde se almacena agua y oxígeno fue inferior, lo cual puede influir negativamente en el desarrollo de las raíces de los cultivos. Para mejorar las condiciones de porosidad de este suelo, en todas las fincas se realizó labranza con cincel rígido (Figura 2), implemento que trabajó a una profundidad promedio de 25 cm.



**Figura 2.** Labranza vertical con cincel rígido para el establecimiento de la asociación maíz pastos.

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 11 de 91 |

La preparación de los suelos se inició con un pase de rastra con el fin de controlar la cobertura vegetal existente en el terreno y facilitar la acción del cincel rígido. Posteriormente se aplicó la cal dolomítica cuyas cantidades estuvieron de acuerdo al análisis de suelos de cada finca. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Cal (t/ha)} = (\text{saturación de bases deseada} - \text{saturación de bases del suelo}) \times \text{CIC}$$

Poder de neutralización de la cal

En la tabla 2 se puede ver que la menor saturación de bases se encontró en la finca la Pradera con 32%, mientras que en las otras fincas fue superior al 50% para lo cual se requería poca cal como en el caso en Andremoni y Taluma donde solo se necesitaba 310 y 100 kg/ha de cal dolomítica, respectivamente; sin embargo, por las bajas concentraciones de calcio (Ca), fue necesario ajustar los cálculos de encalado de acuerdo al Ca como nutriente, buscando elevar la concentración inicial a 2 me/100g de suelo, de acuerdo a esto, se aplicó 2 t/ha de cal dolomítica. En la Finca Mata mata donde en el área seleccionada ya se habían realizado dos cultivos de maíz, la saturación de bases era del 94% y la concentración de Ca de 3,3 me/100 g de suelo, por consiguiente, no fue necesario aplicar cal dolomítica. A los 45 días después de incorporar la cal en el suelo, se hizo un pase de pulidor, el cual favoreció el control de algunas malezas que estaban emergiendo, y dar las condiciones adecuadas para la germinación del pasto y del maíz.

Las pasturas se establecieron, en asociación con el cultivo de maíz, en forma simultánea, con el fin de obtener a los cuatro meses después de la siembra, unas pasturas en buenas condiciones para iniciar el pastoreo y una producción de maíz que retribuyera parte de los costos del establecimiento de las praderas (Rincón, 2006).

**Tabla 2.** Cal aplicada para mejorar la saturación de bases y para aumentar la disponibilidad de Ca en el suelo para la asociación maíz pastos.

| Finca      | Saturación de bases (%) | Encalado (kg/ha) | Ca en suelo (me/100g) | Ca como nutriente (2 me/100g) | Cal dolomítica (kg/ha) |
|------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------|
| Andremoni  | 49                      | 310              | 0,8                   | 500                           | 2000                   |
| Mata mata  | 94                      | 0                | 3,31                  | 0                             | 0                      |
| Taluma     | 53                      | 100              | 0,42                  | 630                           | 2100                   |
| La pradera | 32                      | 750              | 0,31                  | 187                           | 2200                   |

Primero se hizo la siembra de los pastos con una densidad de 6 kg/ha de semilla de pasto Mulato II y Toledo y 4 kg/ha de semilla de la leguminosa *Stylosanthes capitata* cv. capica. Para obtener una distribución uniforme en el lote de las semillas de los pastos, estas fueron mezcladas con 500

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 12 de 91</b> |

a 1000 kg/ha de roca fosfórica (Tabla 3) y luego se aplicaron con voleadora o encaladora (Figura 3) de acuerdo a la disponibilidad de maquinaria en la finca.



**Figura 3.** Siembra de los pastos mediante una encaladora

El maíz se sembró inmediatamente después de la siembra de los pastos, en surcos separados a 80 cm con 5 a 6 plantas por metro lineal, con una maquina sembradora-abonadora (Figura 4), la cual depositó la semilla a una profundidad promedia de 3 cm y el fertilizante de establecimiento (P + K + Zn) en el mismo surco del maíz, a una profundidad promedia de 5 cm. La fertilización aplicada estuvo de acuerdo disponibilidad de minerales en el suelo y las necesidades de las plantas de maíz y de pasto para su buen desarrollo. Teniendo en cuenta una producción de 5 t/ha de grano de maíz y una disponibilidad de forraje después de la cosecha del maíz de 4000 kgMS/ha, la fertilización fosfórica de rápida solubilidad estuvo entre, 25 y 40 kg/ha de P, el K entre 50 y 86 kg/ha de K, el nitrógeno entre 128 y 176 kg/ha de N, el S entre 37 y 60 kg/ha de S. En el momento de la siembra se aplicó todo el P, todos los microelementos y el 50% del K. A los 15 días después de la siembra se fertilizó el cultivo con el 50 % del nitrógeno y el otro 50% del K y a los 30 días se aplicó el otro 50% del nitrógeno. La fertilización aplicada se presenta en la tabla 3.

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <b>Corpoica</b><br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | Página 13 de 91        |



**Figura 4.** Siembra del maíz en surcos separados a 80 cm.

**Tabla 3.** Fertilización aplicada para el establecimiento de los cultivos en fincas de la Altillanura colombiana

| <b>Fertilizante</b> | <b>Andremoni</b> | <b>Mata mata</b> | <b>Taluma</b> | <b>Pradera</b> |
|---------------------|------------------|------------------|---------------|----------------|
| Roca fosfórica      | 500              | 800              | 500           | 1000           |
| yeso agrícola       | 250              | 350              | 400           | 400            |
| cloruro de K        | 175              | 150              | 150           | 100            |
| Fosfato diamónico   | 200              | 100              | 100           | 100            |
| Siliphoz            | -                | 100              | 150           | 150            |
| fosfacil zeo        | 50               | 50               | 50            | 50             |
| Kieserita           | -                | 100              | 100           | 100            |
| Borozinco           | 20               | 20               | 20            | 20             |
| Urea                | 300              | 200              | 250           | 200            |

Después de los 80 días de realizada la siembra, en las fincas Andremoni, Mata mata y Taluma, los productores dedicaron un 10%, 50% y 50% respectivamente, a la cosecha de forraje de la asociación maíz pastos para ensilaje, almacenado en el sistema de silopress, con el fin de tener alimento para los animales en la época seca. A los 150 dds, se cosechó el grano de maíz con combinada en el resto del área experimental de las fincas. Una vez cosechado el forraje o el grano, que fue en todos los casos a finales de la época lluviosa (Noviembre, diciembre), se empezó a utilizar los pastos para la alimentación de animales bovinos de la finca, con una carga promedia de 80 animales en las 24 ha establecidas con el cultivo del maíz. El pastoreo con esta carga animal, se sostuvo durante gran parte de la época seca (Diciembre, enero, febrero, marzo). A comienzo de las lluvias que fue a mediados del mes de marzo del año 2009, se iniciaron las

|  |                               |                 |
|--|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|  |                               | VERSIÓN 0       |
|  | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 14 de 91 |

actividades de construcción de cercas para la división de los potreros y la protección de los árboles. De igual forma se instalaron los bebederos y su respectiva red hídrica para la conducción del agua. El pastoreo definitivo se inicio en el mes de junio de 2009 con novillos Cebú comercial con una carga que estuvo entre 2 y 3 animales/ha en todas las fincas.

La siembra de los árboles se inicio en el mes de Julio de 2009, en un sistema de franjas, para lo cual fue necesario hacer un control previo del pasto mediante la aplicación de 300 cc de glifosato por bomba de 20 litros de agua. Los arbolitos que iniciaron su desarrollo en bolsas en condiciones de vivero, fueron llevados al campo cuando tenían una altura promedia de 25 cm. La distancia de siembra de los árboles fue de 7 m entre plantas y 7 m entre surcos al tres bolillo. Cada franja estuvo constituida por dos surcos de árboles los cuales se sembraron en forma alterna siguiendo el siguiente orden: eucalipto – melina – eucalipto – Acacia, de esta forma la población de Eucalipto fue el doble de Acacia y Melina (Tabla 4).

**Tabla 4.** Cantidad de árboles establecidos en franjas en las fincas de la Altillanura

| Finca        | Longitud de franjas de árboles (m) | Eucalipto pellita<br>(árboles/finca) | Gmelina arborea<br>(árboles/finca) | Acacia mangium<br>(árboles/finca) |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Andremoni    | 1000                               | 170                                  | 85                                 | 85                                |
| Mata mata    | 1600                               | 270                                  | 135                                | 135                               |
| Taluma       | 1600                               | 270                                  | 135                                | 135                               |
| Pradera      | 800                                | 140                                  | 70                                 | 70                                |
| <b>Total</b> | <b>5000</b>                        | <b>850</b>                           | <b>425</b>                         | <b>425</b>                        |

La siembra y mantenimiento de los árboles fue una actividad difícil de ejecutar por la falta de interés de los productores. Los principales problemas que se presentaron estuvieron relacionados con el consumo y pisoteo por bovinos, debido al no cierre de los broches de la cerca de protección, alta invasión de malezas, y especialmente el ataque de hormiga arriera (*Atta sp*). En la Finca Andremoni, por la cercanía del experimento a bosques de galería, por naturaleza se presentó alta población de hormiga, la cual consumió la totalidad de los arbolitos sembrados y resembrados en dos oportunidades. Se invirtió bastante tiempo y dinero en su control, para dar solución a este problema, y se estableció plantas de Canavalia en las franjas de los árboles, por el control natural que esta planta puede hacer a la hormiga. También se dejó el libre crecimiento de todas las especies dentro de la franja para que la hormiga tuviera varias opciones para su consumo.

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 15 de 91 |

## Evaluaciones

### En el suelo

- Características químicas: pH, materia orgánica, P, Ca; Mg, K, S, Al, Cu, Bo, Fe, Mn, Zn.
- Características físicas: densidad aparente, densidad real, porosidad, textura, resistencia a la penetración.

### En la asociación cultivo-pastos

- Germinación (%).
- Número de plantas por hectárea.
- Producción de grano de maíz y biomasa de pasto

### En las praderas

- Producción de forraje (kgMS/ha), composición botánica, cobertura del suelo (%), área foliar, índices fisiológicos.
- Calidad de forraje (Proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, digestibilidad, minerales)

### En los animales

- Ganancia de peso de los novillos

### En los árboles

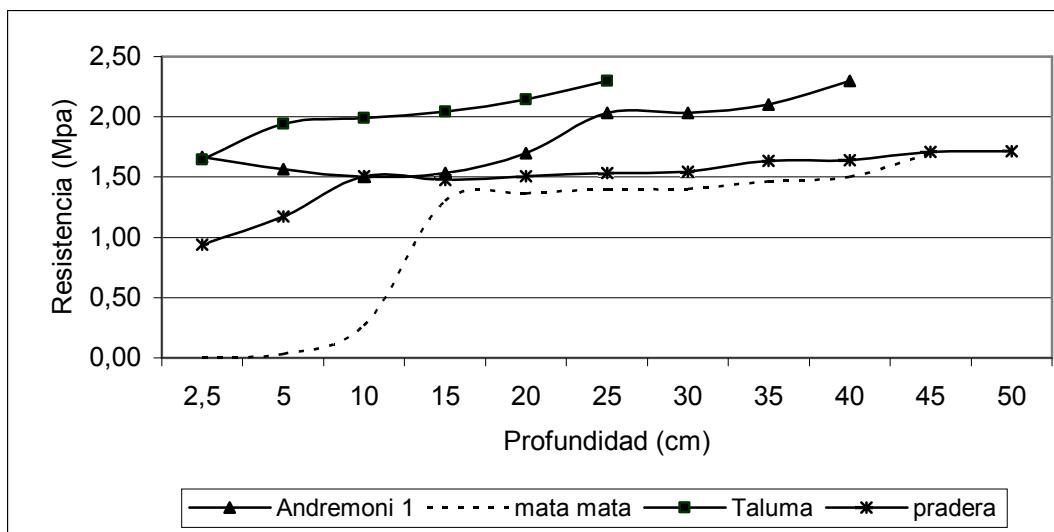
- Porcentaje de supervivencia
- Altura del árbol.
- Ataque de plagas y enfermedades.

## Resultados y Discusión

### Características físicas de los suelos

La resistencia a la penetración medida antes de la labranza con un penetrógrafo, resultó ser inferior en la finca Mata mata, donde ya se había realizado labranza con cincel rígido, para la siembra del maíz el año anterior, presentando valores menores a 1 mpa en los primeros 10 cm de profundidad y de 1,5 Mpa hasta una profundidad de 40 cm. En cambio en Taluma, donde nunca se

había realizado labranza por encontrarse en sabana nativa, la resistencia a la penetración fue superior con respecto a lo encontrado en las otras fincas evaluadas, con valores superiores a 2 Mpa después de los 5 cm de profundidad (Figura 5), considerándose limitante para el desarrollo de cualquier cultivo (CIAT, 1983).



**Figura 5.** Resistencia a la penetración antes de la labranza en fincas de la Altillanura plana

Después de tres años de pastoreo la resistencia a la penetración ha aumentado y el efecto del pisoteo por parte de los bovinos (Pinzón y Amezquita, 1987), se puede apreciar en la información de la tabla 5. Este efecto de los animales sobre la resistencia a la penetración puede tener un efecto en los primeros 10 cm del horizonte del suelo, los cual es evidente en todas las fincas; sin embargo, la alta resistencia persiste a mayores profundidades, sin presentarse un patrón o tendencia de disminuir o aumentar valores a mayores profundidades. Considerando que una resistencia a la penetración que permita un buen desarrollo de raíces debe ser de 1,3 Mpa, se puede ver que en todas las fincas estos valores fueron muy superiores siendo de 1,7 Mpa en Andremoni y en Mata mata, en tanto en la pradera y Taluma se llegó a 1,9 y 2,0 Mpa. A estas diferencias encontradas también pudo contribuir la humedad del suelo, considerando que donde la resistencia a la penetración fue menor, la humedad del suelo fue mayor.

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 17 de 91 |

**Tabla 5.** Resistencia a la penetración (Mpa) en suelos después de tres años de pastoreo en praderas establecidas con maíz

| Profundidad (cm)      | Pradera    | Mata mata  | Taluma     | Andremoni  |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|
| 2,5                   | 2,0        | 1,8        | 1,9        | 1,8        |
| 5                     | 2,0        | 1,7        | 2,0        | 1,8        |
| 10                    | 2,0        | 1,7        | 2,1        | 1,7        |
| 15                    | 2,0        | 1,8        | 2,1        | 1,7        |
| 20                    | 1,9        | 1,7        | 2,1        | 1,7        |
| 25                    | 1,8        | 1,8        | 2,1        | 1,6        |
| 30                    | 1,8        | 1,7        | 2,1        | 1,6        |
| 35                    | 1,9        | 1,7        | 2,1        | 1,6        |
| 40                    | 1,8        | 1,7        | 2,0        | 1,7        |
| 45                    | 1,8        | 1,6        | 1,9        | 1,7        |
| 50                    | 1,7        | 1,7        | 1,8        | 1,7        |
| <b>Promedio</b>       | <b>1,9</b> | <b>1,7</b> | <b>2,0</b> | <b>1,7</b> |
| Humedad del suelo (%) | 18         | 21         | 18         | 20         |

Con la labranza vertical se buscaba mejorar las condiciones físicas de los suelos para un buen desarrollo de raíces tanto del maíz como de los pastos. La densidad aparente en los suelos de las fincas, antes e iniciar la labranza fue en promedio de 1,59 g/cc. Después de realizadas todas las actividades de siembra y cosecha del maíz, este valor disminuyó a 1,32 g/cc; sin embargo, después de un año de pastoreo la densidad aparente volvió a su estado original. A los tres años de pastoreo, aumentó a 1,65 g/cc (Tabla 6). La densidad real permaneció entre 2,63 y 2,70 siendo el valor más alto al tercer año de pastoreo. Como respuesta a estos dos parámetros evaluados, la porosidad de los suelos que estuvo cerca de un 50% después de las actividades de siembra y cosecha del maíz, y luego disminuyó a 39,2% en el tercer año de pastoreo. Las fincas con la densidad aparente más elevada fueron Taluma y la Pradera con 1,58 y 1,56 g/cc y una textura arenosa y franco arenosa, respectivamente. Los pastos Mulato II y Toledo no influyeron sobre la densidad aparente, densidad real y porosidad de los suelos; sin embargo, su crecimiento erecto que permite algunos espacios sin cobertura, pudieron contribuir al aumento de la densidad aparente por compactación ocasionada por el pisoteo del ganado.

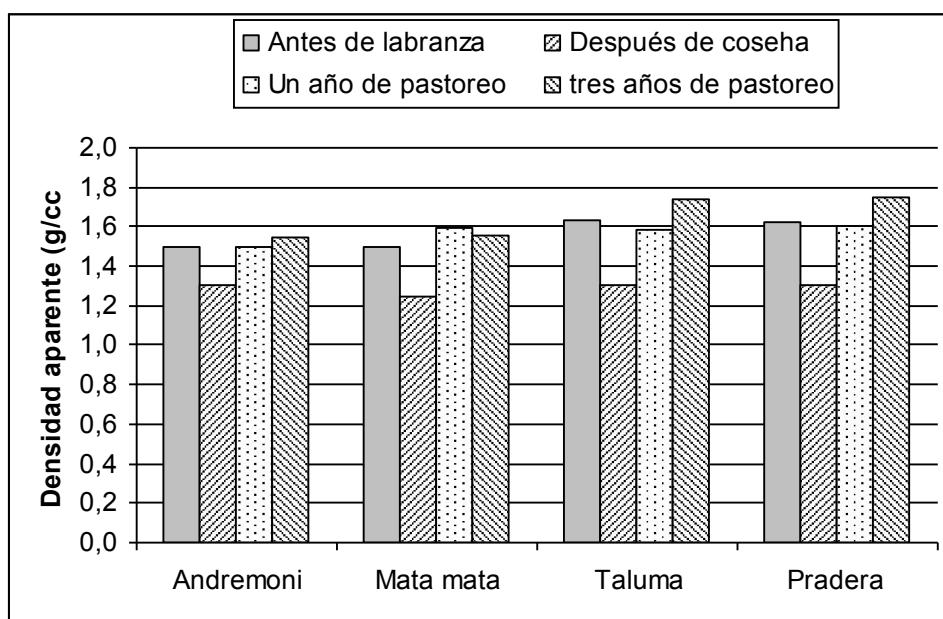
|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 18 de 91</b> |

**Tabla 6.** Características físicas de los suelos de las fincas donde se estableció la asociación maíz pastos, después e tres años de pastoreo. Altillanura colombiana

| <b>Finca</b>       | <b>Densidad aparente (g/cc)</b> | <b>Densidad real (g/cc)</b> | <b>Porosidad (%)</b> |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Taluma             | 1,58 a                          | 2,68                        | 41,0 b               |
| Pradera            | 1,56 a                          | 2,67                        | 41,5 b               |
| Andremoni          | 1,51 b                          | 2,66                        | 43,0 a               |
| Mata mata          | 1,49 b                          | 2,70                        | 44,8 a               |
| Significancia      | 0,0001                          | NS                          | 0,0001               |
| <b>Pasto</b>       |                                 |                             |                      |
| Mulato II          | 1,54                            | 2,68                        | 42,5                 |
| Toledo             | 1,53                            | 2,67                        | 42,7                 |
| Significancia      | NS                              | NS                          | NS                   |
| <b>Época</b>       |                                 |                             |                      |
| Antes de siembra   | 1,59 b                          | 2,69 a                      | 40,6 bc              |
| Inicio pastoreo    | 1,32 c                          | 2,63 b                      | 49,7 a               |
| 1 año de pastoreo  | 1,58 b                          | 2,67 ab                     | 40,8 b               |
| 3 años de pastoreo | 1,65 a                          | 2,72 a                      | 39,2 c               |
| Significancia      | 0,0001                          | 0,0001                      | 0,0001               |
| <b>Profundidad</b> |                                 |                             |                      |
| 0 a 10 cm          | 1,52 b                          | 2,68                        | 43,1 a               |
| 10 a 20 cm         | 1,54 a                          | 2,66                        | 42,1 b               |
| Significancia      | 0,03                            | NS                          | 0,02                 |
| CV (%)             | 4,5                             | 3,4                         | 7,2                  |

Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

Analizando el parámetro mas importante en cuanto a espacio del suelo para el almacenamiento de agua y oxígeno, como es la densidad aparente, en la figura 6 se puede confirmar lo dicho anteriormente. Con la labranza realizada para la siembra de la asociación maíz pastos la densidad aparente disminuyó a valores que estuvieron entre 1,2 y 1,4 g/cc considerándose como adecuados para el desarrollo de las raíces. Sin embargo a los 18 meses de realizada la labranza (Primer año de pastoreo) se encontró que estos valores estuvieron entre 1,5 y 1,6 g/cc, igualando a la densidad aparente encontrada en las diferentes fincas antes de la labranza, y superándola después de tres años de pastoreo. Por lo tanto, en condiciones de los suelos de la Altillanura que son dedicados a la ganadería y que han sido sometidos a labranza, esta tiene un efecto positivo momentáneo, retornando a sus condiciones iniciales después que vuelven a ser manejados bajo pastoreo.



**Figura 6.** Evolución de la densidad aparente de los suelos durante tres años de pastoreo en fincas de la Altillanura

#### Características químicas de los suelos

En la tabla 7 se presentan las características químicas de los suelos antes de iniciar las actividades de labranza. En estas propiedades iniciales se puede ver el bajo contenido de materia orgánica en Taluma con 1,1 %. Los suelos más deficientes en elementos mayores y menores fueron los de Taluma y Pradera, con concentraciones limitantes para el desarrollo de cultivos especialmente en bases intercambiables, el fósforo (P) y el azufre (S). En la finca Mata mata donde el año anterior se había cultivado maíz, las concentraciones de nutrientes se encontraron en niveles superiores, como consecuencia de la fertilización aplicada en esa oportunidad, destacándose el P, calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), en cambio no se encontró presencia de aluminio (Al) por la cal aplicada. En la Finca Andremoni donde por mas de 10 años se había manejado bajo pastoreo de *B. decumbens*, se presentó la mayor presencia de materia orgánica y concentraciones intermedias de minerales. Con respecto a los microelementos, la concentración de hierro (Fe) fue superior en Mata mata mientras que en la Pradera se encontró mayor concentración de boro (B) y en Taluma mayor concentración de cobre (Cu); sin embargo, todos los microelementos, con excepción del Fe, fueron deficientes en todas las fincas, si se considera que las concentraciones adecuadas son de 0, 6 ppm de boro (B), 3 ppm de Cu y 2 ppm de zinc (Zn) (Potash and Phosphate Institute, 1997).

|  |                                      |                        |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|  |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 20 de 91</b> |

**Tabla 7.** Características químicas iniciales de los suelos en las fincas de la altillanura plana

| <b>Característica</b> | <b>Andremoni</b> | <b>Mata mata</b> | <b>Taluma</b> | <b>La pradera</b> |
|-----------------------|------------------|------------------|---------------|-------------------|
| pH                    | 4,9              | 5,3              | 5,0           | 5,0               |
| M.O (%)               | 3,1              | 2,5              | 1,1           | 2,5               |
| P (ppm)               | 2,5              | 6,5              | 7,1           | 1,5               |
| Al (me/100 g)         | 0,9              | 1,3              | 0,4           | 0,9               |
| Ca (me/100 g)         | 0,81             | 1,2              | 0,42          | 0,31              |
| Mg (me/100 g)         | 0,18             | 0,3              | 0,13          | 0,10              |
| K (me/100 g)          | 0,075            | 0,12             | 0,03          | 0,04              |
| CIC (me/100 g)        | 2,4              | 4,6              | 1,2           | 1,7               |
| S (ppm)               | 1,0              | 4,2              | 0,6           | 1,0               |
| Fe (ppm)              | 25               | 70               | 48            | 17                |
| B (ppm)               | 0,14             | 0,16             | 0,16          | 0,28              |
| Cu (ppm)              | 0,35             | 0,6              | 0,55          | 0,10              |
| Mn (ppm)              | 1,05             | 7,0              | 1,45          | 4,4               |
| Zn (ppm)              | 0,5              | 0,8              | 0,35          | 0,28              |

Después de la cosecha del maíz se encontró que los mayores incrementos se presentaron con el P, Ca, Mg y S en tanto no se presentaron variaciones en el K y los microelementos. En los muestreos de suelos realizados a los 18 meses del establecimiento de la asociación maíz pastos, el análisis químico de los suelos demostró algunos descensos especialmente de K y B.

El pH en todas las fincas estuvo entre 4,9 y 5,1; la materia orgánica fue inferior en el suelo arenoso de Taluma con solo 1,7 % mientras que en Andremoni se obtuvo el contenido más alto, con 3,6%. La concentración de P promedia fue superior en Mata mata, en tanto en Taluma y la pradera fue de 3,1 y 2,6 ppm respectivamente. La concentración de S fue superior en Mata mata y en Andremoni (Tabla 8). Con respecto a la época de evaluación, la materia orgánica no presentó variación permaneciendo entre 2,4% encontrada en el segundo año de pastoreo y 2,9% al inicio del pastoreo. La concentración de P disminuyó con el paso del tiempo llegando a 3,3 ppm al tercer año. Igual comportamiento se presentó con la concentración del S que disminuyó de 7,4 ppm al inicio del pastoreo a 4,9 ppm al tercer año del pastoreo. Los pastos Mulato II y Toledo no ejercieron ningún efecto sobre el contenido de materia orgánica ni en las concentraciones de P y S en el suelo. Con relación a la concentración de P y S en el perfil del suelo se encontró que el P fue superior en los primeros 10 cm en tanto, el S no presentó variación en su concentración. El contenido de materia orgánica fue superior en forma significativa en los primeros 10 cm

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 21 de 91</b> |

**Tabla 8.** Concentración de P, S, contenido de materia orgánica (M.O.) y acidez de los suelos en las fincas establecidas con la asociación maíz pastos, durante tres años de pastoreo. Altillanura.

| <b>Finca</b>                | <b>pH</b> | <b>MO (%)</b> | <b>P (ppm)</b> | <b>S (ppm)</b> |
|-----------------------------|-----------|---------------|----------------|----------------|
| Andremoni                   | 5,0 b     | 3,6 a         | 4,4 b          | 7,4 a          |
| Mata mata                   | 5,0 b     | 2,5 b         | 7,1 a          | 6,7 a          |
| Pradera                     | 4,9 c     | 2,6 b         | 2,6 c          | 4,2 b          |
| Taluma                      | 5,1 a     | 1,7 c         | 3,1 c          | 4,9 b          |
| Significancia               | 0,001     | 0,001         | 0,001          | 0,001          |
| <b>Época:</b>               |           |               |                |                |
| Inicio pastoreo             | 4,8 d     | 2,9 a         | 5,8 a          | 8,6 a          |
| 1 año pastoreo              | 5,0 b     | 2,8 a         | 4,7 b          | 5,2 b          |
| 2 años pastoreo             | 4,9 c     | 2,4 b         | 3,6 c          | 5,9 b          |
| 3 años pastoreo             | 5,2 a     | 2,7 a         | 3,3 c          | 4,9 b          |
| Significancia               | 0,001     | 0,007         | 0,001          | 0,001          |
| <b>Pasto:</b>               |           |               |                |                |
| Toledo                      | 5         | 2,8           | 4,3            | 5,6            |
| Mulato II                   | 5         | 2,6           | 4,4            | 6,3            |
| Significancia               | NS        | NS            | NS             | NS             |
| <b>Profundidad muestreo</b> |           |               |                |                |
| 0 a 10 cm                   | 5,1 a     | 2,9 a         | 5,2 a          | 5,7            |
| 10 a20 cm                   | 4,9 b     | 2,5 b         | 3,5 b          | 6,2            |
| Significancia               | 0,001     | 0,001         | 0,001          | NS             |
| CV (%)                      | 4,02      | 23,7          | 54             | 64             |

Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

Con respecto a la concentración de cationes en el suelo de las fincas (Tabla 9) se pudo establecer una menor concentración de Al en el suelo arenoso de Taluma. La concentración de Ca, Mg y K fue superior en Andremoni y en Mata mata, por consiguiente la capacidad de intercambio cationico fue superior en estas dos fincas. La concentración promedia de Al disminuyó desde el inicio hasta el tercer año de pastoreo en tanto el Ca y Mg disminuyó hasta el segundo año y se estabilizó en el tercer año de pastoreo. El K y la CIC disminuyeron en forma secuencial en los tres años. La concentración de Al no fue afectado por los pastos. Sin embargo, se encontró mayor concentración de Ca y Mg en los suelos donde estaba establecido el Pasto Toledo. A una profundidad de 10 cm la concentración de Al fue menor, contrario a lo sucedido con el Ca y el Mg, cuyas concentraciones fueron superiores a menor profundidad.

|  |                                      |                        |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|  |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 22 de 91</b> |

**Tabla 9.** Concentración de Cationes de los suelos en las fincas establecidas con la asociación maíz pastos, durante tres años de pastoreo. Altillanura.

| <b>Finca</b>                | <b>AI</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>K</b> | <b>CIC</b> |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| Andremoni                   | 0,65 b    | 1,40 a    | 0,34 a    | 0,08 a   | 2,8 a      |
| Mata mata                   | 0,76 a    | 1,38 a    | 0,36 a    | 0,07a    | 2,9 a      |
| Pradera                     | 0,70 ab   | 0,55 b    | 0,16 c    | 0,06 b   | 1,8 b      |
| Taluma                      | 0,26 c    | 0,66 b    | 0,20 b    | 0,03 c   | 1,4 c      |
| Significancia               | 0,001     | 0,001     | 0,001     | 0,001    | 0,001      |
| <b>Época:</b>               |           |           |           |          |            |
| Inicio pastoreo             | 0,74 a    | 1,23 a    | 0,34 a    | 0,09 a   | 2,8 a      |
| 1 año pastoreo              | 0,53 c    | 1,09 b    | 0,29 b    | 0,06 b   | 2,3 b      |
| 2 años pastoreo             | 0,64 b    | 0,87 c    | 0,24 c    | 0,06 b   | 2,1 c      |
| 3 años pastoreo             | 0,51 c    | 0,96 c    | 0,24 c    | 0,05 b   | 2,0 c      |
| Significancia               | 0,01      | 0,001     | 0,001     | 0,001    | 0,001      |
| <b>Pasto:</b>               |           |           |           |          |            |
| Toledo                      | 0,56      | 1,11 a    | 0,29 a    | 0,06     | 2,3        |
| Mulato II                   | 0,62      | 0,97 b    | 0,26 b    | 0,06     | 2,2        |
| Significancia               | 0,04      | 0,001     | 0,02      | NS       | NS         |
| <b>Profundidad muestreo</b> |           |           |           |          |            |
| 0 a 10 cm                   | 0,42 b    | 1,3 a     | 0,34 a    | 0,07     | 2,4 a      |
| 10 a 20 cm                  | 0,76 a    | 0,8 b     | 0,21 b    | 0,06     | 2,2 b      |
| Significancia               | 0,001     | 0,001     | 0,001     | NS       | 0,001      |
| CV (%)                      | 45        | 32        | 33        | 63       | 14         |

Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

La concentración de Fe en Mata mata fue superior significativamente con 133 ppm mientras que en las otras fincas estuvo entre 27 y 37 ppm de igual forma el Cu y B presentaron su valor mas alto en la misma finca, alcanzando a 0,75 y 3,3 ppm respectivamente. La concentración más baja de Zn se obtuvo en la finca la Pradera y la más baja de B en Mata mata. Las concentraciones de Fe y de Mn disminuyeron con el paso del tiempo, al pasar de 59 ppm a 47 ppm en el caso del Fe y de 2,9 ppm a 1,5 ppm en el Zn, El Cu, Zn y B no siguieron el mismo patrón y su concentración en el suelo varió en cada año sin ningún orden. Los pastos Mulato II y Toledo no ejercieron ningún efecto sobre la concentración de microelementos en el suelo y la mayor concentración de estos estuvo en los primeros 10 cm del perfil del suelo (Tabla 10).

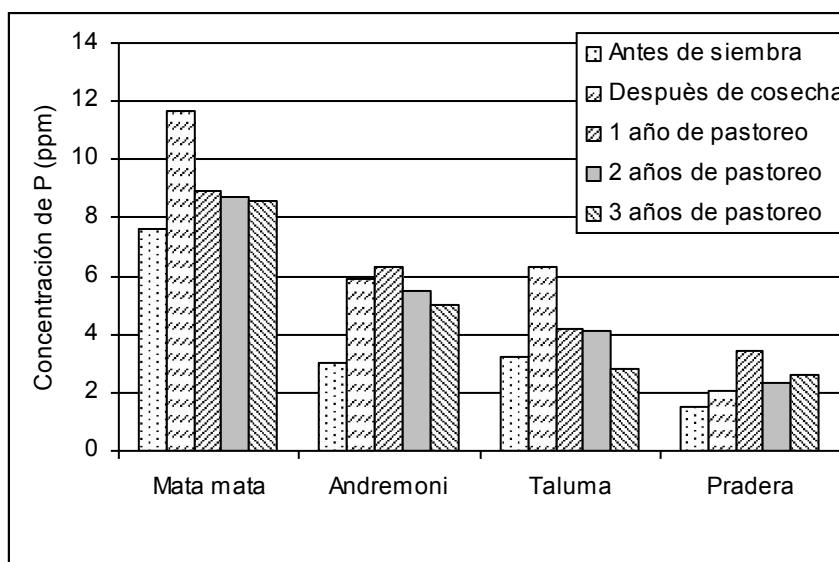
|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 23 de 91</b> |

**Tabla 10.** Concentración de microelementos de los suelos en las fincas establecidas con la asociación maíz pastos, durante tres años de pastoreo. Altillanura.

| <b>Finca</b>                 | <b>Fe</b> | <b>Cu</b> | <b>Mn</b> | <b>Zn</b> | <b>B</b> |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Andremoni                    | 37 b      | 0,47 b    | 2,5 b     | 0,54 a    | 0,13 c   |
| Mata mata                    | 133 a     | 0,75 a    | 3,3 a     | 0,49 a    | 0,09 d   |
| Pradera                      | 27 b      | 0,35 c    | 1,2 c     | 0,29 b    | 0,17 b   |
| Taluma                       | 29 b      | 0,34 c    | 1,1 c     | 0,42 ab   | 0,21 a   |
| Significancia                | 0,001     | 0,001     | 0,001     | 0,001     | 0,001    |
| <b>Época:</b>                |           |           |           |           |          |
| Inicio pastoreo              | 59 a      | 0,49 b    | 2,9 a     | 0,43 ab   | 0,17 b   |
| 1 año pastoreo               | 63 a      | 0,41 c    | 2,0 b     | 0,51 a    | 0,11 c   |
| 2 años pastoreo              | 55 ab     | 0,47 c    | 1,9 bc    | 0,34 b    | 0,21 a   |
| 3 años pastoreo              | 47 b      | 0,56 a    | 1,5 c     | 0,46 ab   | 0,12 c   |
| Significancia                | 0,01      | 0,001     | 0,001     | NS        | NS       |
| <b>Pasto:</b>                |           |           |           |           |          |
| Toledo                       | 53        | 0,48      | 2,1       | 0,45      | 0,15     |
| Mulato II                    | 60        | 0,48      | 2,0       | 0,45      | 0,15     |
| Significancia                | 0,08      | NS        | NS        | NS        | NS       |
| <b>Profundidad muestreo:</b> |           |           |           |           |          |
| 0 a 10 cm                    | 64 a      | 0,51 a    | 2,4 a     | 0,54 a    | 0,15     |
| 10 a 20 cm                   | 49 b      | 0,45 b    | 1,8 b     | 0,36 b    | 0,15     |
| Significancia                | 0,001     | 0,003     | 0,001     | 0,001     | NS       |
| CV (%)                       | 38        | 37        | 55        | 37        | 36       |

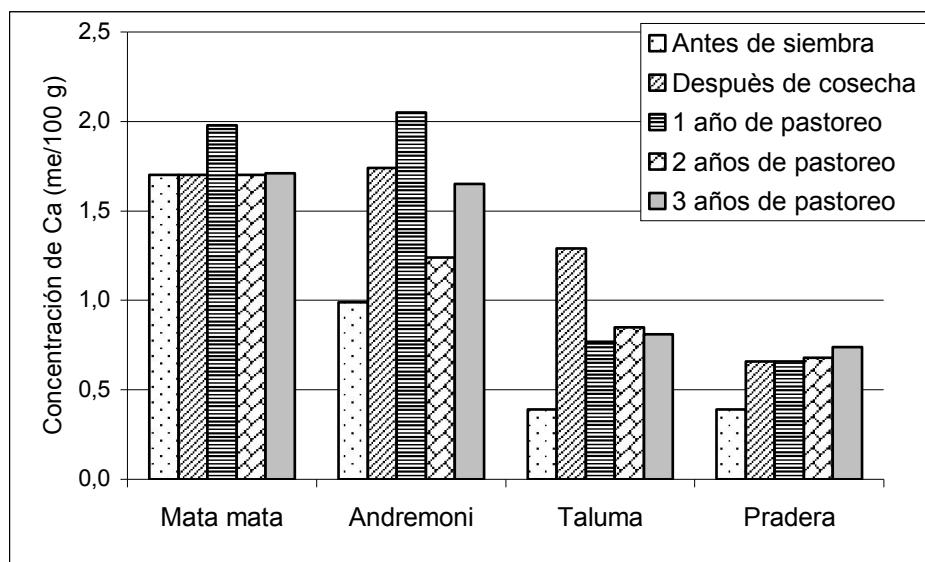
Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

En la figura 7 se presenta los cambios ocurridos por efecto de los insumos aplicados, en la concentración de P en las cuatro fincas evaluadas, donde se puede apreciar los mayores incrementos en la finca Mata mata, llegando a cerca de 12 ppm. En Andremoni y Taluma se aumentó a 6 ppm de P y en la finca la Pradera solo aumentó a 3,4 ppm. A los 18 meses después de la aplicación de los insumos y de someter las pasturas al pastoreo durante un año, se pudo observar que en la finca Mata mata donde la concentración de P inicial era superior a las otras fincas, se presentó un descenso a 9 ppm disminuyendo aproximadamente 3 ppm. La misma tendencia se presentó en Taluma al pasar de 6 ppm a 4 ppm, lo cual se puede explicar por ser este un suelo arenoso con menor capacidad de retención de minerales. Comportamiento contrario se observó en la finca Andremoni donde se presentó un ligero incremento con respecto al encontrado después de la cosecha del maíz y en la Pradera donde pasó de 2 ppm a 3.5 ppm. A los tres años de estar las praderas bajo pastoreo, el descenso en la concentración de P en Mata mata y Andremoni ha sido leve y se ha mantenido en cerca de 8 y 5 ppm respectivamente, En Taluma es donde se ha apreciado el mayor descenso de este nutriente en el suelo y en la Pradera se ha mantenido estable en una concentración baja de 2,6 ppm.



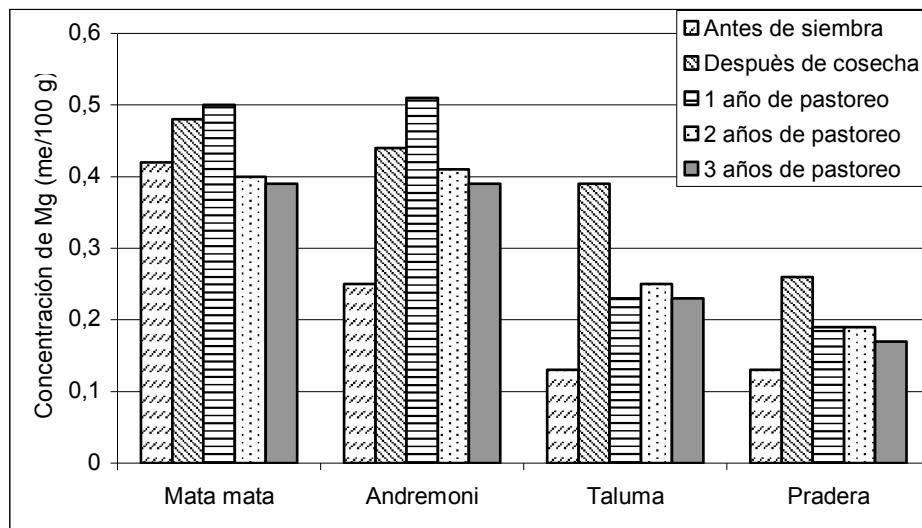
**Figura 7.** Cambios ocurridos en la concentración de P del suelo, después de tres años de pastoreo en fincas de la Atillanura plana

Con respecto al Ca, por efecto de los insumos aplicados, se encontró aumentos cercanos al 50% en Andremoni, Taluma y la Pradera; sin embargo, en Mata mata donde este suelo ya estaba mejorado no se apreciaron incrementos en este elemento permaneciendo en 1,7 me/100 g de suelo (Figura 8). Los incrementos observados fueron proporcionales a la concentración inicial antes de aplicar los insumos. Después de un año de pastoreo, en Mata mata y en Andremoni, la concentración de Ca disponible en el suelo se aumentó a cerca de 2 me/100 g, en cambio en la Pradera permaneció estable y en Taluma disminuyó probablemente por menor retención de este mineral en este suelo con alta concentración de arena. A los tres años de pastoreo, la concentración de Ca en el suelo ha permanecido estable en Mata mata, Taluma y Pradera mientras que en Andremoni, en este año presentó un incremento con respecto al segundo año donde se apreció un alto descenso en la concentración de este elemento. Despues de tres años en todas las fincas la concentración de Ca sigue siendo superior con respecto al Ca inicial, antes de aplicar las enmiendas y fertilizantes.



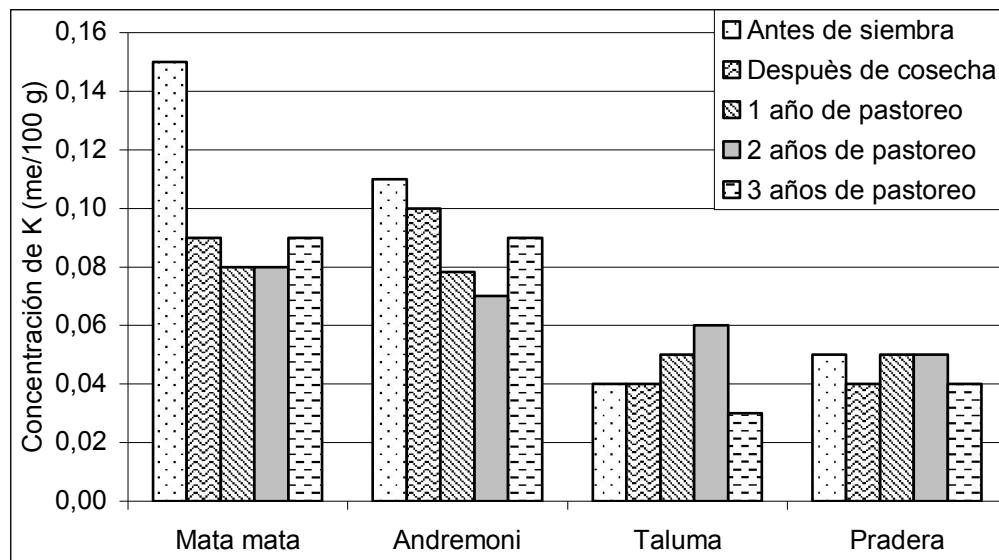
**Figura 8.** Cambios ocurridos en la concentración de Ca del suelo, después de tres años de pastoreo en fincas de la Atillanura plana

La concentración de Mg en el suelo, se aumentó en más de un 50% en las fincas Andremoni, Taluma y la Pradera por efecto de los insumos aplicados en la siembra de la asociación maíz pastos. En Mata mata donde inicialmente se tenía mas de 0.4 me/100g. de Mg el incremento fue más moderado. Después de un año de pastoreo, el Mg presentó el mismo comportamiento del Ca en Mata mata y Andremoni, con incrementos a 0,5 me/100g. El mayor aumento de este nutriente se ha presentado en la finca Andremoni al pasar de un estado inicial de 0,25 me/100g a 0,5 me/100g. (Figura 9). En Taluma y la Pradera, después de un año de pastoreo el Mg en el suelo disminuyó a un promedio de 0,2 me/100g. Despues de dos años de pastoreo se apreció una disminución en este nutriente en las fincas Mata mata y Andremoni a 4 me/100 g, valor que permaneció estable en el tercer año. En Taluma ha permanecido en una concentración de 0,23 me/100 g en los últimos tres años y en la Pradera se apreció una ligera disminución en el último año de evaluación.



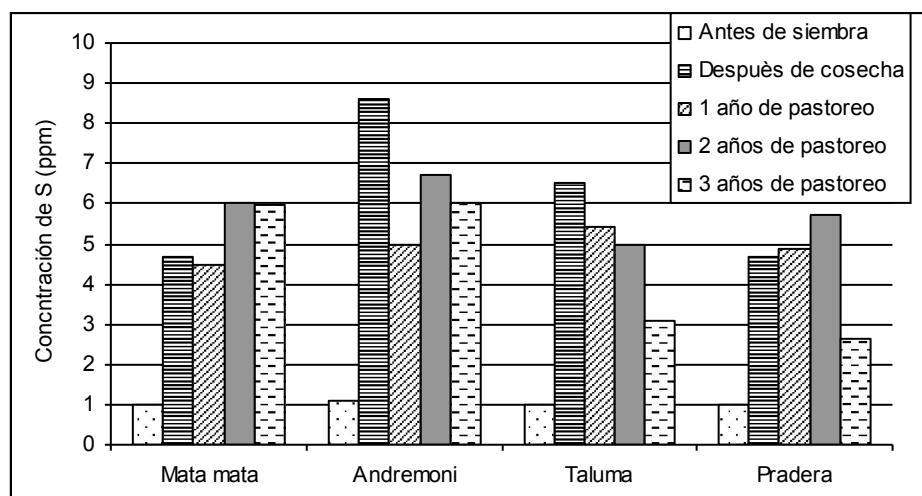
**Figura 9.** Cambios ocurridos en la concentración de Mg del suelo, después de tres años de pastoreo en fincas de la Atillanura plana

El K fue uno de los nutrientes que disminuyó en mayor cantidad con respecto a la concentración inicial antes de las labores de establecimiento de la asociación maíz pastos, en las fincas Mata mata y Andremoni. La concentración de este mineral en el suelo no fue afectado por la aplicación de insumos realizada en el momento de la siembra. Al parecer todo el K aplicado y parte del que ya existía en el suelo ha sido aprovechado por las plantas y extraído del sistema considerando que el K junto con el nitrógeno son los nutrientes que más son absorbidos por los pastos. En Taluma y la Pradera la concentración inicial de K en el suelo era bajo, con 0,04 y 0,05 me/100g y de igual forma no se presentó ningún efecto por la aplicación de este elemento realizado en la siembra del maíz y los pastos; sin embargo, después de un año de pastoreo en la figura 10 se puede apreciar un ligero incremento, especialmente en el tercer año en las fincas Mata mata y Andremoni. En Taluma es donde se ha presentado la mayor reducción de este nutriente con el paso del tiempo.



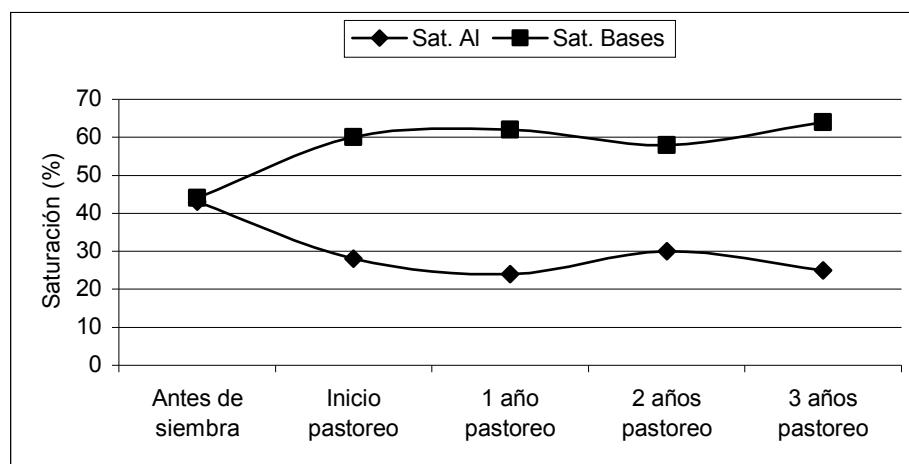
**Figura 10.** Cambios ocurridos en la concentración de K del suelo, después de tres años de pastoreo en fincas de la Atillanura plana

El S fue el nutriente que presentó mayores incrementos en el suelo de las cuatro fincas (Figura 11). En todos los suelos la concentración de S no superaba a 1 ppm antes de aplicar los fertilizantes necesarios para la asociación maíz pastos; sin embargo, después de la cosecha del maíz este elemento se aumentó entre 4 y 8 ppm, siendo la finca Andremoni el sitio donde mayor incremento se presentó. Despues de un año de pastoreo, en las Fincas Mata mata, Taluma y la Pradera la concentración de S en el suelo permaneció estable con respecto al año anterior, con valores entre 4 y 5 ppm; sin embargo, en Andremoni se presentó un mayor descenso al pasar de 8,5 ppm a 5 ppm. En el segundo y tercer año, en Mata mata el S permaneció estable en 6 ppm mientras que en Andremoni en los dos últimos años presentó un ligero incremento entre 6 y 7 ppm. En Taluma y la Pradera, se presentó un descenso en la concentración de S en el tercer año de pastoreo a 3 y 2 ppm respectivamente.



**Figura 11.** Cambios ocurridos en la concentración de S en suelos después de tres años de pastoreo en fincas de la Atillanura plana

La saturación de Al presentó un descenso después de aplicar las enmiendas antes de la siembra de la asociación maíz pastos, la cual se encontraba en un promedio de 43% en todas las fincas. Este valor ha permanecido estable durante todos los años entre 25 y 30 %. La saturación de bases que era de 44 % se aumento a 60% después de aplicar las enmiendas y durante los tres años de pastoreo se ha mantenido en este valor, con un ligero incremento en el tercer año de pastoreo.



**Figura 12.** Cambios ocurridos en la saturación de bases y de Al, en suelos después de tres años de pastoreo en fincas de la Atillanura plana

|  |                               |                 |
|--|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|  |                               | VERSIÓN 0       |
|  | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 29 de 91 |

## Población y desarrollo de maíz y pastos

Se realizaron evaluaciones de población, a los 15, 25 y 50 días en las fincas Mata mata, Andremoni y Taluma respectivamente (Tabla 11). Con una población de 5.5, 5 y 4 plantas de maíz por metro lineal en las mismas fincas, equivalente a 68.750, 62.500, y 50.000 plantas por hectárea. En estas diferencias de población encontradas en estas fincas donde se sembró la misma cantidad de semilla de maíz (22 kg equivalente a 70.000 semillas/ha), se debió a la calidad de maquinaria existente en cada finca. En Mata mata se contaba con una maquina sembradora neumática en buenas condiciones, mientras que en Taluma la sembradora presentó fallas en la distancia de siembra y en el tapado de la semilla. La población promedia de pasto Toledo fue de 3.6 plantas/m<sup>2</sup> en tanto la del pasto Mulato II fue de 3.1 plantas /m<sup>2</sup> (Figura 13). La leguminosa *Stylosanthes capitata* cv. capica cuya germinación fue más lenta puesto que la semilla no estaba escarificada, presentó una población de 2 plantas /m<sup>2</sup>. En la Finca La pradera, no fue posible hacer la siembra del maíz porque el productor a última hora decidió que sólo se sembraran los pastos, por problemas de orden público (Paramilitarismo), que hizo que cambiara los planes que se tenían y a los cuales se había comprometido de acuerdo al protocolo de trabajo planteado cuando se seleccionó la finca. Por el ausentismo del propietario, falta de maquinaria y de recursos, solo se establecieron los pastos, ya que se habían aplicado las enmiendas, se tenía el lote preparado y parte de los insumos se habían adquirido para esta finca.

**Tabla 11.** Población de maíz y pastos a diferentes edades, establecidos en forma asociada en fincas de la Altillanura plana

| Finca     | Asociación       | Edad<br>(días) | Maíz                     |                |                      | Pasto                                  |                | Capica                                 |                |
|-----------|------------------|----------------|--------------------------|----------------|----------------------|--|----------------|--|----------------|
|           |                  |                | Población<br>(plantas/m) | Altura<br>(cm) | Hojas<br>(No/planta) | Población<br>(plantas/m <sup>2</sup> ) | Altura<br>(cm) | Población<br>(plantas/m <sup>2</sup> ) | Altura<br>(cm) |
| Andremoni | Maíz + Toledo    | 50             | 4,8                      | 160,0          | 13,0                 | 3,1                                    | 24,4           | 2,8                                    | 3,2            |
|           | Maíz + Mulato II | 50             | 5,0                      | 150,0          | 13,0                 | 1,7                                    | 24,6           | 2,3                                    | 3,3            |
|           | Maíz + Toledo    | 25             | 4,0                      | 51,9           | 9,4                  | 3,6                                    | 11,7           | 1,9                                    | 1,5            |
| Taluma    | Maíz + Mulato II | 25             | 4,2                      | 50,5           | 9,4                  | 4,4                                    | 7,1            | 1,1                                    | 1,6            |
|           | Maíz + Toledo    | 15             | 5,6                      | 19,4           | 6,0                  | 4,1                                    | 4,0            | 1,9                                    | 0,9            |
|           | Maíz + Mulato II | 15             | 5,5                      | 19,6           | 6,3                  | 3,4                                    | 3,5            | 1,1                                    | 0,9            |

El desarrollo de la planta de maíz a los 50 días después de la siembra, presentó algunas diferencias entre fincas, especialmente con relación al área foliar y altura de la planta. La mayor área de foliar se obtuvo en la finca Mata mata con 6.772 cm<sup>2</sup>/planta, seguida por Andremoni con 6.023 cm<sup>2</sup>/planta, mientras que la menor área foliar se presentó en Taluma (Tabla 12). El mismo comportamiento se presentó con la altura de la planta encontrándose que en Mata mata esta fue

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 30 de 91</b> |

superior con un valor de 2,45 m. en tanto en Andremoni fue de 2,27 m y en Taluma 1,77 m. Esta mayor altura pudo ser debida a la mayor población de plantas de maíz en Mata mata (68.500 plantas/ha) lo cual esta relacionado con la menor masa seca de los tallos (12,8 g/planta) frente a 15,5 g/planta de la finca Andremoni. Las plantas por competencia por luz en Mata mata se alargaron mas pero el diámetro de los tallos fue menor. En Taluma todos los parámetros de desarrollo evaluados fueron inferiores con respecto a las otras fincas, mostrando el efecto de la menor fertilidad de los suelos en el desarrollo del cultivo. En cuanto a la concentración de clorofila expresada en índice de verdor (Unidades SPAD), se obtuvieron los valores más altos en Andremoni y Mata mata con un valor superior a 50 unidades SPAD, considerado como adecuado, indicando una buena nutrición nitrogenada.

**Tabla 12.** Características de desarrollo del cultivo de maíz a los 50 días de su establecimiento en asociación con pastos en fincas de la Altillanura plana

| <b>Característica</b>                 | <b>Andremoni</b> | <b>Mata mata</b> | <b>Taluma</b> |
|---------------------------------------|------------------|------------------|---------------|
| Área foliar (cm <sup>2</sup> /planta) | 6.023            | 6.772            | 4.714         |
| Altura (cm/planta)                    | 2,27             | 2,45             | 1,77          |
| Masa seca hojas (g/planta)            | 9,15             | 9,37             | 8,75          |
| MS tallos (g/planta)                  | 15,5             | 12,85            | 11            |
| MS total (g/planta)                   | 24,6             | 22,22            | 19,75         |
| Índice de verdor (SPAD)               | 57               | 52,6             | 43            |

### Producción del maíz

La producción de grano de maíz y de forraje estuvo directamente relacionada con la fertilidad inicial de los suelos. En Taluma y en las fincas Mata mata y Andremoni los productores dedicaron una parte del cultivo para ensilaje y otra para la obtención de grano de maíz. Cuando el cultivo se dedicó para ensilaje, la cosecha del forraje se realizó a una edad promedia de 80 días, para lo cual se utilizó la maquinaria que cortó, picó y almacenó el forraje de maíz y pastos en silopress. La mayor producción de forraje ensilado se obtuvo en Mata mata con 40 t/ha, en tanto en Andremoni y en Taluma se obtuvo 30 y 20 t/ha respectivamente (Tabla 13). Cuando el cultivo se dedicó para la cosecha de grano, esta se hizo cuando el cultivo tenía una edad de 150 días y una humedad del grano entre 16 y 17%, obteniéndose una producción promedia de 5,5 t/ha en las dos fincas donde se realizó esta actividad, mientras que en Taluma a partir de sabana nativa se obtuvo un rendimiento de 3,8 t/ha.

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 31 de 91</b> |

**Tabla 13.** Producción de grano de maíz y forraje ensilado en fincas de la Altillanura plana

| <b>Producción</b>    | <b>Andremoni</b> | <b>Mata mata</b> | <b>Taluma</b> |
|----------------------|------------------|------------------|---------------|
| Grano de maíz (t/ha) | 5,5              | 5,5              | 3,8           |
| Ensilaje (t/ha)      | 30               | 40               | 20            |

### Análisis económico

En esta actividad quedó demostrada la ventaja económica que pueden tener los productores con la aplicación de esta tecnología para el establecimiento o renovación de praderas mediante la asociación maíz-pastos. Como ejemplo se presenta la experiencia de la finca Andremoni donde se cosechó maíz grano y forraje de maíz pastos para ensilaje. En la tabla 14 se presentan los costos que se tuvieron para el establecimiento, manejo y cosecha. Cuando el fin último fue la cosecha de grano, los costos totales fueron de \$3.630.500/ha, donde a los fertilizantes y las semillas les correspondió el 67% de estos costos. Cuando el productor cosecho el maíz y los pastos para obtener forraje ensilado para la alimentación del ganado en la época seca, los costos de maquinaria se incrementaron, a \$1.440.000 por la mayor cantidad de maquinaria requerida para esta labor que incluye 2 tractores, cosechadora de forraje, zorra para el transporte del forraje al sitio de almacenamiento, embutidora cuando el ensilaje es en silopres como ocurrió en este caso. También hay que tener en cuenta el costo de la bolsa de silopres (\$600.000) que almacena 60 toneladas de ensilaje, por lo tanto tiene capacidad para el forraje obtenido en 2 ha, además la mano de obra se incrementó en un jornal, por consiguiente los costos totales fueron de \$4.383.000

**Tabla 14** Costos del establecimiento, manejo y cosecha de grano y forraje de maíz, de la asociación maíz- pastos y establecimiento de pasto Toledo sin cultivos. Finca Andremoni, Altillanura plana

| <b>Costos</b> | <b>Maíz grano- pastos</b> | <b>Maíz forraje- pastos</b> | <b>Pasto Toledo</b> |
|---------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Maquinaria    | 710.000                   | 1.440.000                   | 300.000             |
| Semillas      | 704.000                   | 704.000                     | 470.000             |
| Fertilizantes | 1.757.000                 | 1.757.000                   | 240.000             |
| Plaguicidas   | 50.000                    | 50.000                      | 82.000              |
| Mano de obra  | 52.500                    | 75.000                      | 45.000              |
| Transporte    | 357.000                   | 357.000                     | 130.000             |
| <b>Total</b>  | <b>3.630.500</b>          | <b>4.383.000</b>            | <b>1.267.000</b>    |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 32 de 91 |

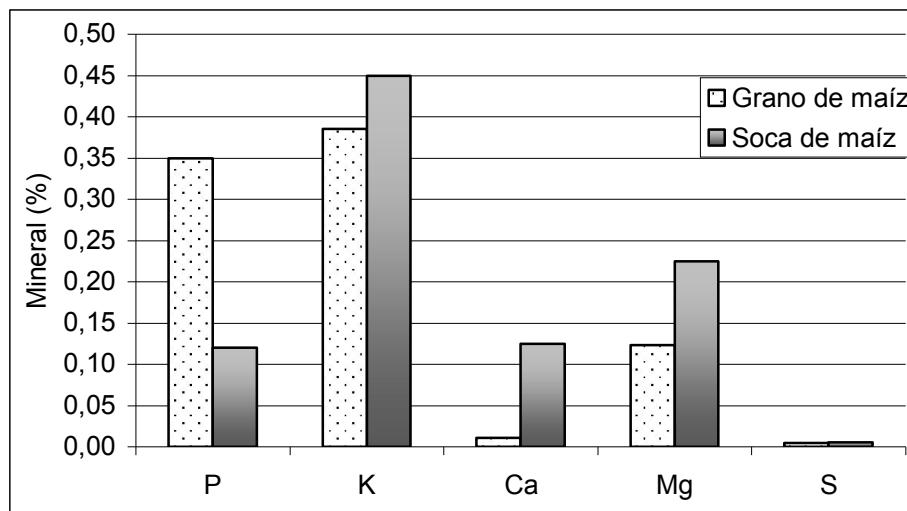
El rendimiento de maíz grano fue de 5,5 t/ha y su precio en el mercado a finales del año 2008 cuando se cosechó fue de \$700.000/tonelada, por lo tanto, el ingreso obtenido por la venta de las 5,5 t fue de \$3.850.000. De acuerdo a esto, el productor recuperó los costos invertidos en la renovación de praderas y obtuvo un ingreso neto de \$199.500/ha y quedó con unas praderas en buenas condiciones con alta producción de forraje para la alimentación de bovinos, cuya renovación salió gratis. En la cosecha de forraje, el rendimiento fue de 30 t/ha con un precio de \$180.000/t, se obtuvo un ingreso de \$5.400.000 por las 30 t producidas y el productor obtuvo un ingreso neto de \$1.017.000/ha y las praderas renovadas (Tabla 15). Es importante tener en cuenta que cuando se hace una renovación de praderas sin cultivos, el establecimiento de un pasto como el Toledo tiene un costo de \$1.267.000/ha, que es lo que el productor se está ahorrando cuando utiliza el maíz para la renovación.

**Tabla 15.** Costos e ingresos obtenidos en la renovación de praderas con maíz – pastos. Altillanura plana

| Concepto                      | Maíz grano + pastos | Maíz forraje + pastos |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Costos (\$/ha)                | 3.650.500           | 4.383.000             |
| Producción (t/ha)             | 5,5                 | 30                    |
| Valor de la producción (\$/t) | 700.000             | 180.000               |
| Ingreso bruto (\$/ha)         | 3.850.000           | 5.400.000             |
| Ingreso neto (\$/ha)          | 199.500             | 1.017.000             |

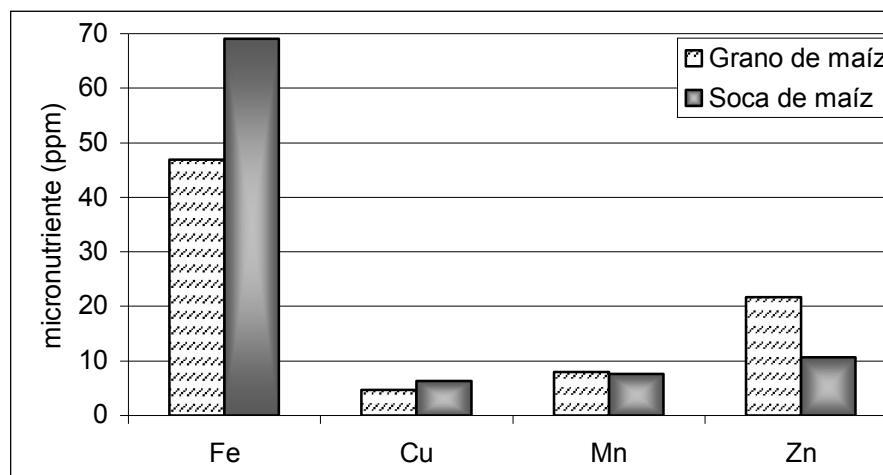
### Concentración de minerales en maíz

Se analizó la concentración de minerales en el grano de maíz y en la soca de maíz que quedó en el terreno después de la cosecha. De acuerdo a los análisis de calidad obtenidos, se pudo determinar que el grano de maíz extrae mayor cantidad de P, con un valor de 0,35% en tanto, la concentración de este elemento en la soca fue de 0,12%. El K fue el mineral de mayor extracción por el grano y por la soca con un valor de 0,38 y 0,45% respectivamente. En la soca del maíz se encontró mayor cantidad de Ca y Mg. La extracción del S fue de sólo 0,006% tanto en el grano como en la soca del maíz. (Figura 13). Con una producción promedio de soca de maíz de 4000 kg/ha, se puede concluir que se presentó un retorno de minerales al suelo en las siguientes cantidades: 18 kg/ha de K, 4,8 kg/ha de P, 4,8 kg/ha de Ca, 9 kg/ha de Mg y 0,24 kg/ha de S (Rincón, 2007).



**Figura 13.** Concentración de minerales en grano y soca de maíz. Fincas de la Altillanura plana

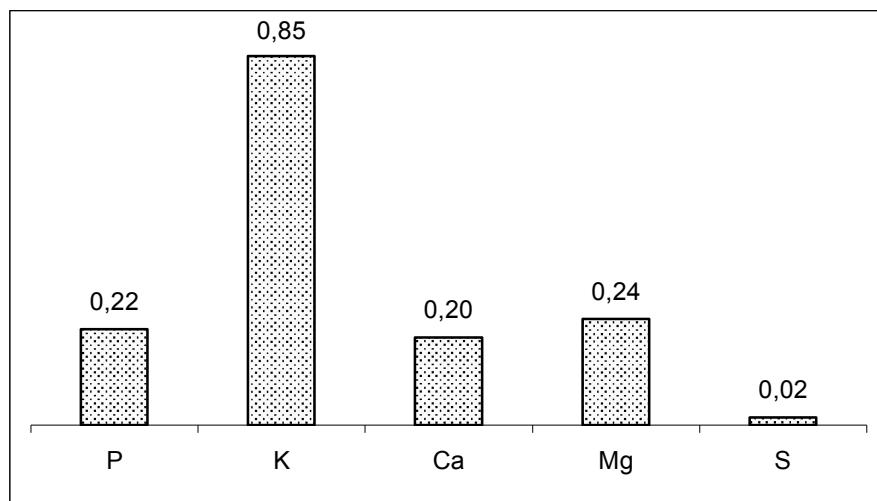
De los microelementos analizados, el Fe se presentó en mayor cantidad tanto en el grano como en la soca del maíz, con 47 y 69 ppm respectivamente, coincidiendo con la mayor concentración de este micronutriente en el suelo. En el grano se extrajo mayor cantidad de Zn con 20 ppm en tanto el Cu y el manganeso fueron de un promedio de 8 ppm tanto en el grano como en la soca (Figura 14).



**Figura 14.** Concentración de micronutrientes en grano y soca de maíz en Fincas de la Altillanura plana

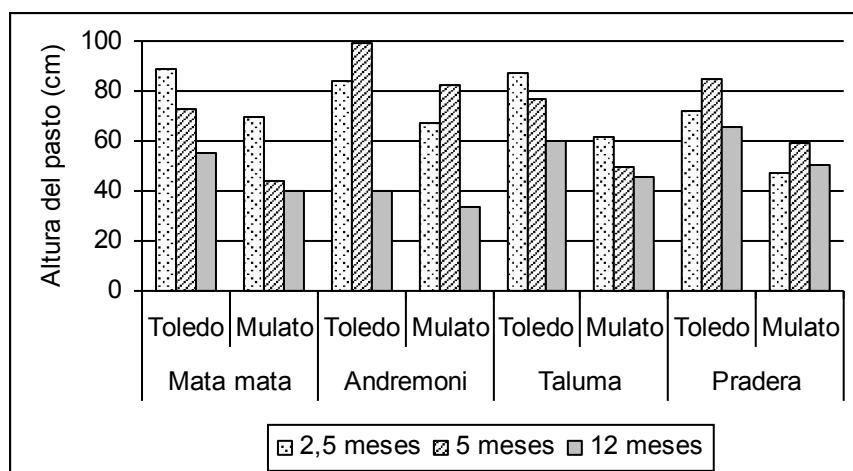
|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |  | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | <b>Página 34 de 91</b> |

Después de 60 días de realizado el ensilaje de maíz y pastos, se tomaron muestras para realizar su análisis de calidad nutricional. Los resultados de estos análisis en las fincas Andremoni, Taluma y Mata mata presentaron la misma tendencia, con un concentración promedio de proteína cruda de 7,9%, fibra en detergente neutro de 59,8%, fibra en detergente acido de 28,3%, digestibilidad de 59,3%. Con respecto a los minerales, se presentó mayor concentración de K con 0,85% mientras que la concentración de P, Ca y Mg fue de 0.22, 0.20 y 0.24% respectivamente. La concentración de S fue de sólo 0.02% (Figura 15)



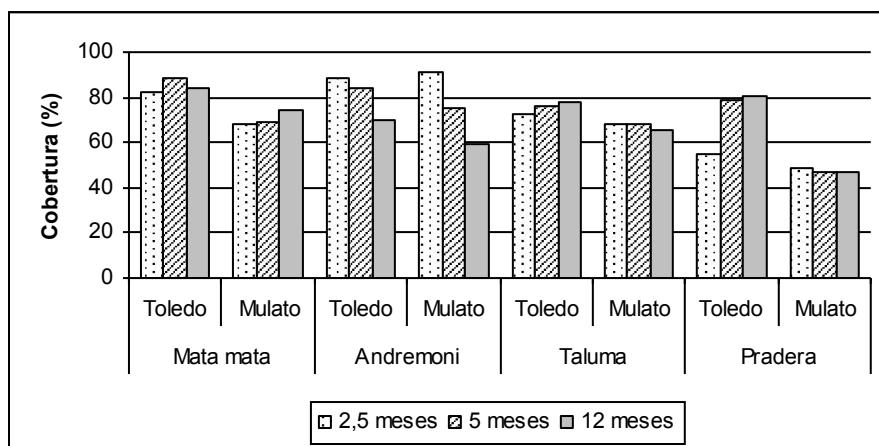
**Figura 15.** Concentración de minerales (%) en el ensilaje de maíz. Fincas de la Altillanura plana  
**Producción de forraje de los pastos**

Después de cosechado el maíz que coincidió con el inicio de la época seca, se esperó entre uno a dos meses para que se presentara rebrote de los pastos y poder iniciar el pastoreo de uniformización. La buena capacidad de rebrote de estos pastos se demostró con una altura de la planta superior a 80 y 60 cm, del pasto Toledo y Mulato II respectivamente, en tres de las cuatro fincas (Mata mata, Andremoni, Taluma). Una vez realizado el pastoreo de uniformización con alto número de animales, se empezó el pastoreo definitivo, con periodos de descanso entre 30 y 35 días, estabilizando la altura de los pastos a 55 y 45 cm en el pasto Toledo y Mulato II respectivamente, en el momento de entrar los animales a pastoreo (Figura 16).



**Figura 16.** Altura de los pastos Toledo y Mulato II establecidos en asociación con maíz, durante el primer año de pastoreo en fincas de la Altillanura

La cobertura del suelo por el pasto Toledo durante el periodo de un año de evaluación fue de 80% que puede ser considerada como buena teniendo en cuenta que este es un pasto de crecimiento erecto. La cobertura del pasto Mulato II estuvo entre 60 y 70%. En las fincas Mata mata y Taluma la cobertura de los dos pastos permaneció estable mientras que en Andremoni donde se inicio con una cobertura cercana al 90%, se presentó disminución en los dos pastos. En la Finca la Pradera la cobertura del pasto Mulato II fue de 50% porque en esta finca se presentaron problemas en el establecimiento de este pasto (Figura 17).

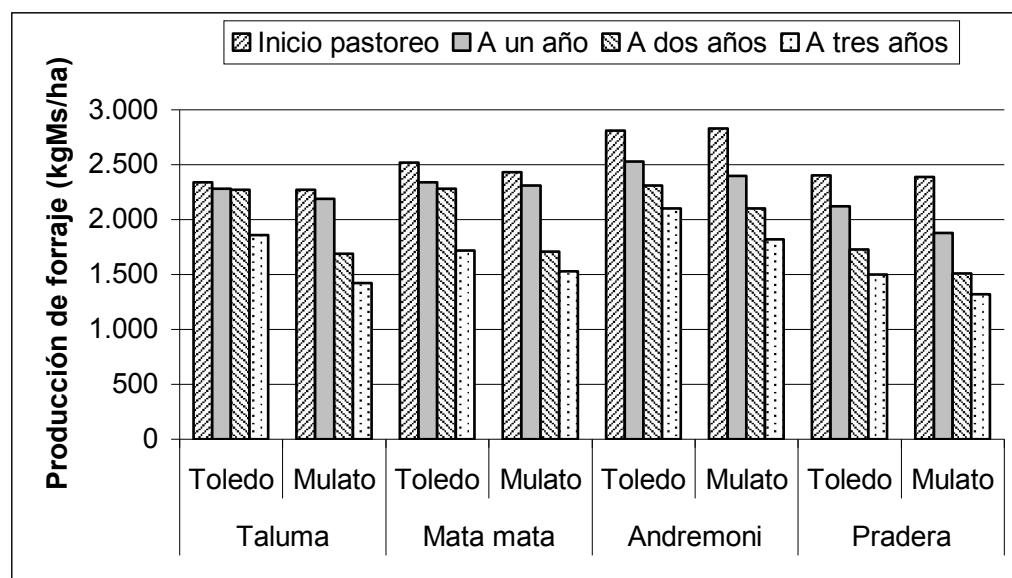


**Figura 17.** Cobertura de los pastos Toledo y Mulato II establecidos en asociación con maíz, durante el primer año de pastoreo en fincas de la Altillanura

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 36 de 91 |

Antes de iniciar el pastoreo de uniformización, se realizó evaluación de disponibilidad de forraje en todas las fincas, encontrándose abundante producción de forraje (Superior a 4000 kgMS/ha) lo cual permitió hacer un pastoreo durante la época seca desde diciembre hasta abril con una carga de 5 animales/ha.

La división de los potreros con cerca eléctrica se inició a comienzos de la época lluviosa (Abril de 2009), de tal forma que el pastoreo definitivo se inicio en el mes de junio de 2009, cuando el pasto tenía una edad de 5 meses. La disponibilidad de forraje en la época lluviosa después del pastoreo de uniformización (Figura 18), fue mayor en la finca Andremoni donde se obtuvo 2800 kgMS/ha para los pastos Mulato II y Toledo. En las otras fincas, la disponibilidad inicial de forraje estuvo entre 2300 y 2500 kgMS/ha. En los años siguientes, en el suelo arenoso de Taluma el pasto Toledo tuvo una producción de forraje entre 2800 y 2700 kgMS/ha para los años 1 y 2 de pastoreo, en tanto, en el tercer año disminuyó a 1800 kgMS/ha, el pasto Mulato II que en el primer año se mantuvo en 2200 kgMS/ha disminuyó en el segundo y tercer año a 1700 y 1400 kgMS/ha respectivamente. En Mata mata, el pasto Toledo tuvo una disponibilidad de forraje entre 2500 y 2300 kgMS/ha desde el inicio del pastoreo hasta el segundo año, para disminuir a 1700 kgMS/ha en el tercer año. El pasto Mulato II en el primer año la producción fue de 2300 kgMS/ha pero después del segundo año disminuyó a 1700 y 1500 kgMS/ha. En la Pradera el Toledo y el Mulato II presentaron un disponibilidad de forraje similar la cual fue disminuyendo con el paso del tiempo al pasar de 2400 a 1400 kgMS/ha.



**Figura 18.** Producción de forraje de los pastos Toledo y Mulato II establecidos en asociación con maíz, durante tres años de pastoreo en fincas de la Altillanura. Época lluviosa

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 37 de 91</b> |

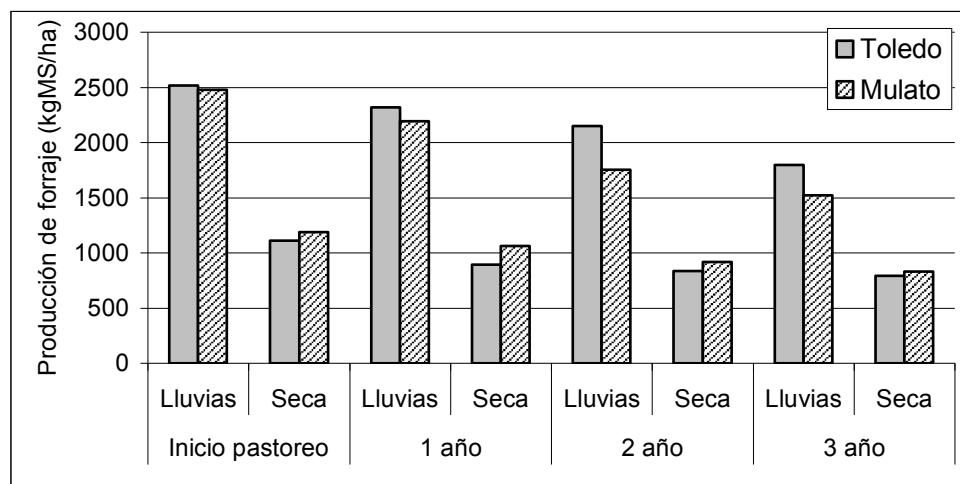
En el tercer año de pastoreo, la mayor altura de planta, disponibilidad de forraje y altura de forraje residual se presentó en Andremoni. Se destaca la alta producción de biomasa de 2246 kgMS/ha mientras que en las otras fincas llegó a cerca de 1700 kgMS/ha (Tabla 16). El índice de verdor que expresa la concentración de clorofila y se relaciona con la proteína, estuvo entre 35 y 41 grados Spad, siendo el forraje de la finca Mata mata la de menor valor. El pasto Toledo, después de tres años de pastoreo, se caracterizó por la superioridad en los parámetros evaluados en todas las fincas, destacándose el mayor índice de verdor, y mayor disponibilidad de biomasa.

**Tabla 16.** Producción de forraje en praderas establecidas con maíz, después de tres años de pastoreo en fincas de la Altiplanura plana

| <b>Finca</b>  | <b>Altura (cm)</b> | <b>Índice verdor (Spad)</b> | <b>Materia seca (%)</b> | <b>Biomasa (kg/ha)</b> | <b>Altura residual (cm)</b> |
|---------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Andremoni     | 91,1 a             | 39,0 a                      | 25,7 b                  | 2246 a                 | 38,3 a                      |
| Matamata      | 59,5 b             | 34,9 b                      | 25,5 b                  | 1705 b                 | 26,8 d                      |
| Pradera       | 64,7 b             | 39,8 a                      | 27,2 a                  | 1673 b                 | 35,9 b                      |
| Taluma        | 63,0 b             | 41,1 a                      | 25,8 b                  | 1701 b                 | 33,6 c                      |
| Significancia | 0,001              | 0,001                       | 0,001                   | 0,001                  | 0,001                       |
| <b>Pasto</b>  |                    |                             |                         |                        |                             |
| Toledo        | 82,4 a             | 41,1 a                      | 26,6 a                  | 1935 a                 | 37,3 a                      |
| Mulato II     | 57,6 b             | 36,8 b                      | 25,5 b                  | 1739 b                 | 30,6 b                      |
| Significancia | 0,001              | 0,001                       | 0,001                   | 0,001                  | 0,001                       |
| C.V (%)       | 16,8               | 10,9                        | 5,2                     | 14,3                   | 11,4                        |

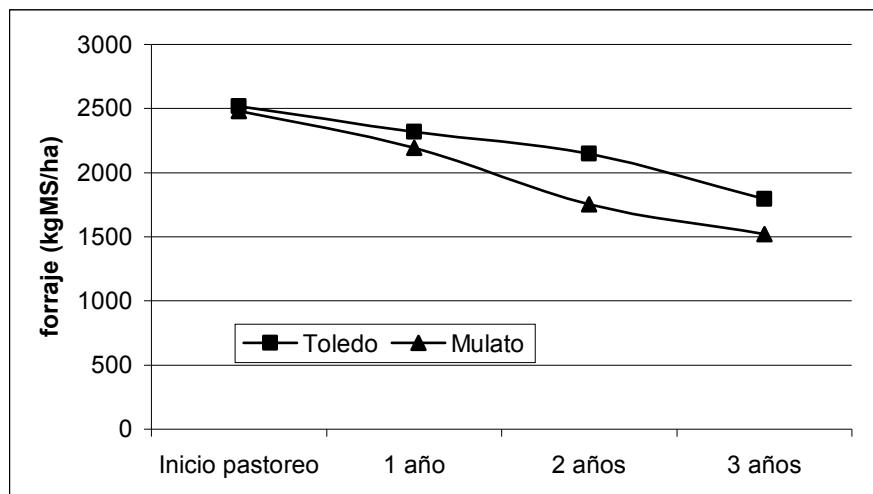
Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

Comparando la producción de forraje obtenida en las épocas lluviosa y seca, se encontró una disminución superior al 50% en los tres años de pastoreo. En la época lluviosa del periodo inicial de pastoreo los dos pastos fueron similares en la producción de biomasa con un promedio de 2500 kgMS/ha; sin embargo, en los años siguientes se pudo apreciar superioridad del pasto Toledo (Figura 19). En la época seca el pasto Mulato II superó al Toledo en los tres años de pastoreo.



**Figura 19.** Producción de forraje de pasto Toledo y Mulato II durante las épocas lluviosas y seca en fincas de la Altillanura colombiana

La evolución de la producción de forraje se puede apreciar en la figura 20, siendo similar en los pastos Mulato II y Toledo al inicio del pastoreo con 2500 kgMS/ha. Esta producción de forraje disminuyó cada año, en los dos pastos llegando a 1800 y 1500 kgMS/ha en el Toledo y Mulato II respectivamente, en el tercer año de pastoreo.



**Figura 20.** Producción de forraje de los pastos Mulato II y Toledo después de tres años de pastoreo en fincas de la Altillanura plana

|  |                                      |                        |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|  |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 39 de 91</b> |

## Calidad nutritiva del forraje

Se analizó la concentración de proteína cruda (PC) en los pastos en las cuatro fincas, sin llegar a presentar diferencias significativas ( $P>0,05$ ), el promedio obtenido en estas fincas fue de 9,1% considerándose como adecuado para las condiciones de la Altillanura; sin embargo, en el análisis hecho a cada pasto se encontró que la proteína en el pasto Mulato II fue superior en forma significativa ( $P<0,05$ ) con un valor de 9,8%, en tanto en el Toledo fue de 8,5%. (Tabla 17). La fibra en detergente neutro (FDN) fue superior ( $P<0,05$ ) en los pastos establecidos en Taluma, con 68,8% mientras que en las otras fincas se obtuvo un promedio de 65%. El mayor contenido de FDN coincidió con la menor degradabilidad que fue de 62,5%; sin embargo, la fibra en detergente ácido (FDA) fue similar en todas las fincas, al no presentarse diferencias significativas, obteniéndose un promedio de 33,3%. Evaluando la composición nutricional de los pastos, se encontró que el pasto Mulato II sobresalió por su mejor calidad ( $P<0,05$ ), demostrando mayor contenido de proteína, menor FDN y FDA y mayor degradabilidad, con respecto al pasto Toledo.

**Tabla 17.** Calidad nutritiva (%) de los pastos Toledo y Mulato II en fincas de la Altillanura.

| <b>Finca</b>  | <b>PC</b> | <b>FDN</b> | <b>FDA</b> | <b>Degradabilidad</b> |
|---------------|-----------|------------|------------|-----------------------|
| Andremoni     | 10,0      | 64,8 b     | 32,7       | 66,5 a                |
| Taluma        | 9,3       | 68,8 a     | 34,0       | 62,5 b                |
| Pradera       | 8,7       | 65,8 b     | 33,7       | 64,2 ab               |
| Mata mata     | 8,4       | 65,0 b     | 34,1       | 65,0 ab               |
| Significancia | NS        | 0,04       | NS         | NS                    |
| <b>Pasto</b>  |           |            |            |                       |
| Mulato II     | 9,8 a     | 62,5 b     | 30,9 b     | 68,3 a                |
| Toledo        | 8,5 b     | 69,5 a     | 36,1 a     | 61,0 b                |
| Significancia | 0,01      | 0,001      | 0,01       | 0,01                  |
| CV (%)        | 17        | 4,3        | 7,4        | 4,9                   |

Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P<0,05$ )

La concentración de P en los pastos fue superior en forma significativa ( $P<0,05$ ), en las fincas Andremoni y Mata mata con 0,18% (Tabla 4); sin embargo, debe considerarse a estos valores como bajos para los requerimientos de ganado de ceba que es de 0,22% (McDowell *et al.*, 1994). La deficiencia de P en los pastos fue mas evidente en la E.E. Taluma con 0,13% lo cual puede ser atribuido a la baja fertilidad de este suelo, el cual antes de la siembra de la asociación maíz pastos, estaba cubierto por sabana nativa. La concentración de K fue superior en los pastos de la finca Mata mata con 1,8%, aunque en las otras fincas los valores fueron mas bajos, estas concentraciones de K cumplen con los requerimientos de bovinos de ceba que es de 0,6%. Con respecto al Ca, no se presentaron diferencias significativas en los cuatro sitios con un promedio de 0,32% cumpliendo con los requerimientos de los bovinos que es de 0,30%.

La concentración de Mg fue mayor en la finca Andremoni con 0,36%; sin embargo, las concentraciones de este elemento en las otras fincas, aunque mas bajo, es suficiente para los

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 40 de 91</b> |

requerimientos de los bovinos de ceba. El S fue uno de los minerales más deficientes en los pastos de las cuatro fincas, aunque su concentración fue superior en Andremoni y Taluma. Los bovinos requieren de al menos 0,15% de S en el forraje para su crecimiento. (McDowell *et al.*, 1994). La concentración de P, K, Ca y Mg fue similar en los pastos Mulato II y Toledo sin llegar a presentar diferencias significativas, en cambio el Mulato II presentó mayor concentración de S (Tabla 18).

**Tabla 18.** Concentración (%) de algunos minerales en los pastos Toledo y Mulato II en fincas de la Altillanura.

| <b>Finca</b>  | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>S</b> |
|---------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| Andremoni     | 0,18 a   | 1,43 b   | 0,34      | 0,36 a    | 0,083 a  |
| Taluma        | 0,13 b   | 0,97 c   | 0,36      | 0,25 b    | 0,081 a  |
| Pradera       | 0,16 ab  | 1,20 bc  | 0,29      | 0,28 b    | 0,068 ab |
| Mata mata     | 0,18 a   | 1,80 a   | 0,30      | 0,23 b    | 0,035 b  |
| Significancia | 0,04     | 0,01     | NS        | 0,02      | 0,03     |
| <b>Pasto</b>  |          |          |           |           |          |
| Mulato II     | 0,17     | 1,37     | 0,35      | 0,30      | 0,09 a   |
| Toledo        | 0,16     | 1,36     | 0,30      | 0,26      | 0,04 b   |
| Significancia | NS       | NS       | NS        | NS        | 0,01     |
| CV (%)        | 23,7     | 28,5     | 24,6      | 28,6      | 56,6     |

Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

En general se encontró que la concentración de los microelementos en el forraje presentó un comportamiento más errático demostrado con el alto coeficiente de variación, por tal razón en el caso del Fe no se presentaron diferencias significativas en las cuatro localidades aun con el amplio rango presentado en su concentración que estuvo entre 18 y 73 ppm (Tabla 19).

Por la alta concentración de Fe en los suelos ácidos, se encontró altas cantidades de este microelemento en el forraje, llenando los requerimientos de los novillos que es de 50 ppm. La misma apreciación se puede hacer para el manganeso (Mn) que presentó concentraciones entre 36 y 76 ppm llenando los requerimientos de los bovinos que es de 20 ppm. El Cu presentó mayor concentración en la finca Andremoni con 5 ppm; sin embargo, esta resultó ser deficiente ya que los bovinos requieren de 10 ppm, como también resultó ser el Zn considerando que aunque en Taluma donde fue superior la concentración de este micronutriente, con 12 ppm, no llena los requerimientos del ganado de ceba que es de 30 ppm. La concentración de micronutrientes en los pastos Toledo y Mulato II fue similar, con excepción del Cu, cuya concentración fue mayor en el pasto Mulato II con 4,4 ppm de igual forma con el B con 10 ppm.

|  |                                      |                        |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|  |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 41 de 91</b> |

**Tabla 19.** Concentración (ppm) de algunos microelementos en los pastos Toledo y Mulato II en fincas de la Altillanura.

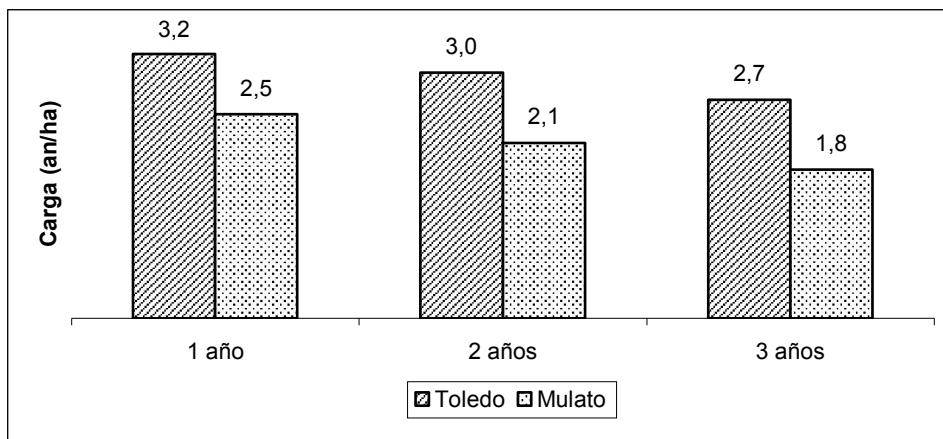
| <b>Finca</b>  | <b>Fe</b> | <b>Cu</b> | <b>Mn</b> | <b>Zn</b> | <b>B</b> |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Andremoni     | 81,9      | 5,06 a    | 54,2 b    | 9,7 ab    | 10,2 ab  |
| Taluma        | 118,8     | 3,55 b    | 40,0 b    | 12,3 a    | 7,9 c    |
| Pradera       | 73,7      | 3,40 b    | 36,4 b    | 6,5 b     | 8,3 bc   |
| Mata mata     | 90,1      | 4,16 ab   | 76,7 a    | 8,0 ab    | 11,3 a   |
| Significancia | NS        | 0,01      | 0,01      | 0,01      | 0,02     |
| <b>Pasto</b>  |           |           |           |           |          |
| Mulato II     | 96,6      | 4,4 a     | 56,1      | 9,9       | 10,0 a   |
| Toledo        | 84,5      | 3,7 b     | 45,8      | 8,3       | 8,8 b    |
| Significancia | NS        | 0,05      | NS        | NS        | 0,05     |
| CV (%)        | 49,5      | 25,2      | 37,3      | 58,5      | 23,1     |

Promedios en una misma columna con letras diferentes, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

### Producción animal

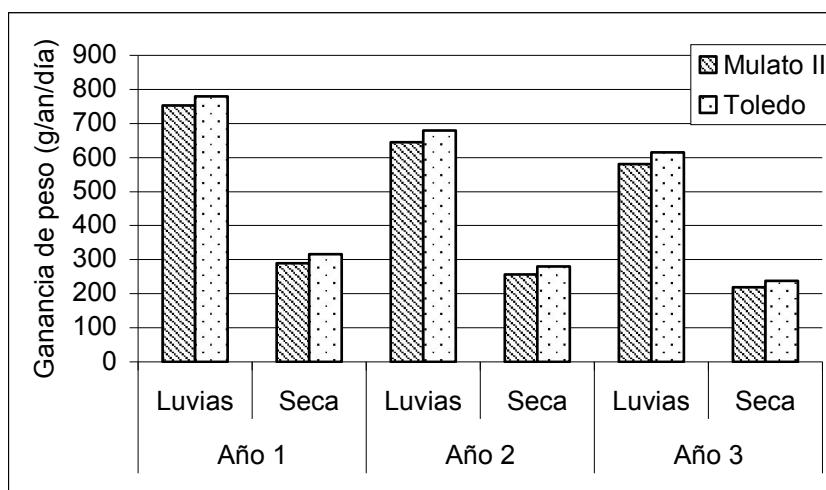
La ganancia de peso de los novillos en los tres años de pastoreo durante las épocas lluviosa y seca se presenta en el anexo 1. En el primer año de pastoreo, en la finca Mata mata los novillos del pasto Mulato II obtuvieron una ganancia diaria de 810 g/an/día, mientras que en el pasto Toledo fue de 750 g/an/día, en la época lluviosa. En la época seca las ganancias fueron de 310 y 270 g/an/día en el mismo orden. En los dos años siguientes, en el pasto Toledo se obtuvo 620 y 550 g/an/día en la época lluviosa y 270 y 250 g/an/día, en la época seca de los años 2 y 3 respectivamente, en tanto el pasto Mulato II las ganancias de peso fueron de 600 y 500 g/an/día en la época lluviosa y 256 y 239 g/an/día en la época seca del año 2 y 3 respectivamente. En las fincas Andremoni, Taluma y Pradera, las ganancias de los novillos conservaron la misma tendencia presentada en Mata mata.

La carga animal en las diferentes fincas estuvo de acuerdo a la disponibilidad de forraje, siendo mayor en el primer año de pastoreo, en las fincas Mata mata, Andremoni y Pradera, con un promedio de 3,5 an/ha en el pasto Toledo y de 2,7 an/ha en el pasto Mulato II (Anexo 2). En Taluma y la Pradera, donde la fertilidad de los suelos y la disponibilidad de forraje, fue menor, la carga animal disminuyó proporcionalmente. Teniendo en cuenta la similitud en la disponibilidad de forraje en las diferentes fincas, la carga animal promedia del pasto Toledo fue de 3,2; 3,0 y 2,7 an/ha en los años 1, 2 y 3 de pastoreo, mientras que en el pasto Mulato II fue de 2,5; 2,1 y 1,8 an/ha (Figura 21)



**Figura 21.** Cambios ocurridos en la carga animal en los pastos Toledo y Mulato II durante tres años de pastoreo en fincas de la Altillanura plana.

Las ganancias de peso en las épocas lluviosa y seca representadas en la figura 22, muestra superioridad de los dos pastos, en el primer año de pastoreo con 750 y 780 g/an/día para el Mulato II y Toledo, respectivamente. Estas ganancias de peso animal se redujeron en el año 2 y el año 3 a un promedio de 650 y 600 g/an/día; respectivamente, siendo ligeramente superior la productividad del pasto Toledo. En la época seca las ganancias diarias de peso se vieron drásticamente reducidas en más de un 50%, con un promedio de 300, 260 y 230 g/an/día en los años 1, 2 y 3 de pastoreo. En la época seca, la ganancia de peso fue superior en el pasto Mulato II en los tres años de evaluación (Figura 22).



**Figura 22.** Ganancia de peso en los pastos Toledo y Mulato II durante tres años de pastoreo en fincas de la Altillanura plana, durante las épocas lluviosa y seca

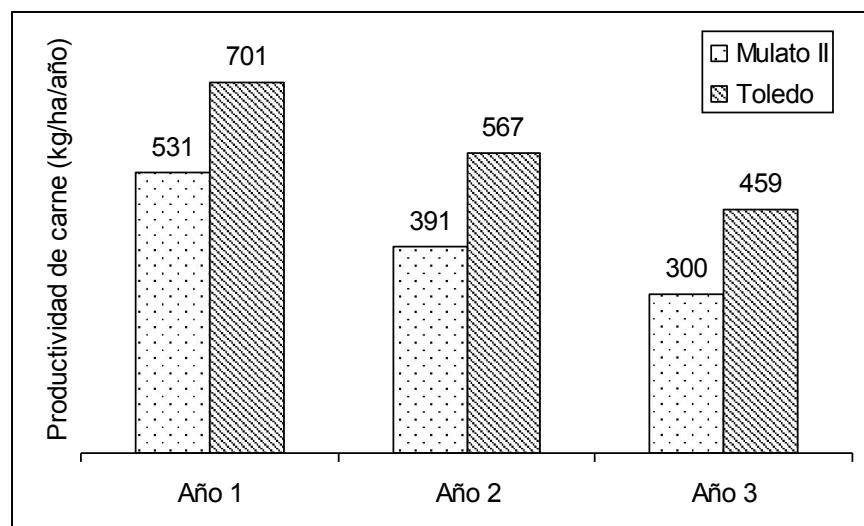
|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 43 de 91</b> |

Teniendo en cuenta la ganancia diaria de peso y la carga animal, se realizaron los cálculos de productividad de carne en estas praderas establecidas con maíz, durante tres años de pastoreo. En la época lluviosa comprendida entre los meses de abril y diciembre (270 días), la productividad de carne en el pasto Mulato II fue de 503 kg/ha en el primer año y en el tercer año se redujo a 282 kg/ha, en tanto, en el pasto Toledo de 673 kg/ha pasó a 440 kg/ha en el mismo periodo. En la época seca comprendida entre enero y marzo (90 días) la productividad alcanzada fue de 27, 21 y 18 kg/ha en los tres años, sin presentar diferencias entre los dos pastos y con una reducción menor a la presentada en la época lluviosa (Tabla 20). Aunque las ganancias de peso presentadas en la época seca fueron bajas, es importante destacar que los animales no perdieron peso en esta época como tradicionalmente ocurre, afectando en gran medida la productividad y rentabilidad de la ganadería en la región.

**Tabla 20.** Productividad de carne (kg/ha/año) en los pastos Mulato II y Toledo durante tres años de pastoreo en fincas de la Altillanura plana

| Pasto     | Año 1   |      | Año 2   |      | Año 3   |      |
|-----------|---------|------|---------|------|---------|------|
|           | Lluvias | Seca | Lluvias | Seca | Lluvias | Seca |
| Mulato II | 503,5   | 27,5 | 370,1   | 20,7 | 281,9   | 18,2 |
| Toledo    | 673,3   | 27,8 | 546,2   | 21,2 | 440,0   | 19,2 |

En la figura 23 se resume la productividad de carne obtenida, destacándose la superioridad del Toledo con 701, 567 y 459 en los años 1, 2 y 3 de pastoreo. La disminución en la productividad esta relacionada con la disponibilidad de forraje y con la fertilidad de los suelos la cual se ha ido reduciendo con el paso del tiempo, de ahí la necesidad de hacer fertilización de mantenimiento para recobrar la productividad inicial y evitar la degradación de praderas por falta de nutrientes para el desarrollo de los pastos.



**Figura 23.** Productividad de carne en los pastos Mulato II y Toledo establecidos con maíz durante tres años en fincas de la Altillanura plana



**Figura 24.** Estado de los novillos y las praderas de pasto Toledo al inicio de lluvias del año 2010 en la Finca Andremoni. Altillanura plana

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 45 de 91</b> |

La productividad de carne obtenida ha permitido obtener buenos ingresos a los productores, demostrando la viabilidad de este sistema en la ganadería de carne de esta región. En las 12 ha establecidas con pasto Toledo los 36 novillos que estuvieron en el primer año ganaron 6.120 kg, que generó un ingreso de \$18.360.000 (Valor de 1 kg en pie: \$3000). En las 12 ha de pasto Mulato II que inicialmente presentó una mejor ganancia de peso con 6300 kg, el ingreso fue de \$18.900.000. En el segundo año, por la menor disponibilidad de forraje, la cantidad de animales en pastoreo en Toledo se redujo a 30 novillos, los cuales ganaron 5975 kg que representó un ingreso de \$17.928.000 mientras que en el pasto Mulato II se produjo 5962 kg de carne, con un ingreso de \$17.856.000. En el año 3, se conservó la misma cantidad de animales en el pasto Toledo obteniendo una ganancia de peso de 5724 kg con un ingreso de \$17.172.000, en tanto en las praderas de Mulato II, la cantidad de animales en pastoreo fue de 25 novillos los cuales presentaron una ganancia de 4590 kg con un ingreso de \$13.770.000 (Tabla 21).

**Tabla 21.** Ingresos obtenidos en la finca Andremoni por la productividad de carne obtenida durante los tres años de evaluación

| Año          | <b>Toledo</b>                     |                    |                     | <b>Mulato II</b>                  |                    |                     |
|--------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|
|              | Ganancia total de peso (kg/12 ha) | Ingreso total (\$) | Ingreso por ha (\$) | Ganancia total de peso (kg/12 ha) | Ingreso total (\$) | Ingreso por ha (\$) |
| 1            | 6.120                             | 18.360.000         | 1.530.000           | 6.300                             | 18.900.000         | 1.575.000           |
| 2            | 5.976                             | 17.928.000         | 1.494.000           | 5.952                             | 17.856.000         | 1.488.000           |
| 3            | 5.724                             | 17.172.000         | 1.431.000           | 4.590                             | 13.770.000         | 1.147.500           |
| <b>Total</b> | <b>17.820</b>                     | <b>53.460.000</b>  | <b>4.455.000</b>    | <b>16.842</b>                     | <b>50.526.000</b>  | <b>4.210.500</b>    |

### Siembra de los árboles

Esta actividad se inició con la siembra de los árboles en el vivero en el mes de marzo del 2009, y simultáneamente se realizó la construcción de la cerca eléctrica para la protección de los árboles. La primera finca donde se sembraron los árboles fue Andremoni en el mes de julio de 2009, donde la sobrevivencia de estos árboles solo fue del 2% por ataque de la hormiga arriera (*Atta sp*) que en el término de tres días eliminó el 98% de los árboles sembrados. Para combatir esta plaga se realizó control insuflando los hormigueros presentes en las praderas y en los límites de las franjas con un insecticida en polvo y aplicando otros cebos disponibles en el mercado. En el mes de septiembre se volvió a realizar la siembra de los árboles junto con canavalia intercalada a un metro entre los árboles; sin embargo, estos nuevamente fueron eliminados por las hormigas. Los hormigueros que atacaron los últimos árboles sembrados se encontraban dentro de un bosque

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 46 de 91 |

nativo, cercano al área experimental. La tercera siembra se realizó a inicio de lluvias del año 2010 (Abril), mediante un control previo de hormigueros y se permitió el libre crecimiento de la vegetación dentro de cada franja, para que las hormigas tuvieran varias opciones y no solo se dedicaran a cortar los árboles, de esta forma se logró una sobrevivencia del 75% de los árboles sembrados (Tabla 13).

En las otras fincas el establecimiento de los árboles fue mas exitoso con una sobrevivencia entre el 70 y 80%, la resiembra de los árboles que murieron especialmente por estrés hídrico en el momento de la siembra, se realizó a inicios de lluvias del 2010. Después de establecidos los árboles en las fincas, especialmente en Mata mata y Taluma, en varias ocasiones estos fueron afectados por la entrada de bovinos (Figura 25), constituyéndose en una de las principales causas del retrazo en el desarrollo de los árboles, afectando uno de los principales propósitos del proyecto que era evaluar el efecto de la sombra producida por los árboles sobre la producción de carne bovina. Estos efectos negativos fueron más evidentes en el año 2010 cuando los árboles tenían un año de desarrollo, que coincidió con la reducida visita a las fincas por falta de presupuesto. Al finalizar el año 2011 aun no había sido posible quitar la cerca de protección de los árboles en todas las fincas, porque algunos que se resembraron no estaban en condiciones para la entrada de animales.

**Tabla 13.** Establecimiento de árboles en potreros bajo el sistema de franjas en fincas de la Altiplanura plana

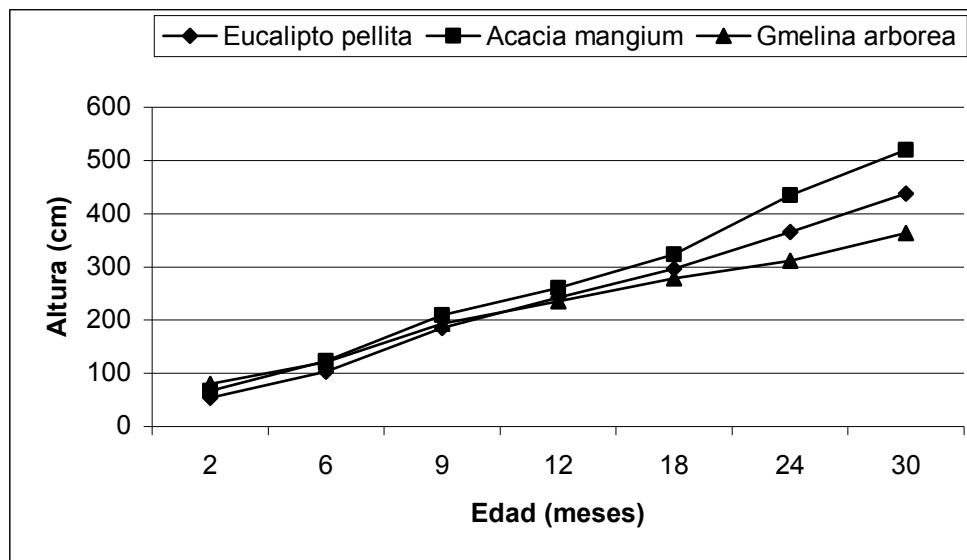
| Indicador         | Mata mata  | Pradera     | Taluma      | Andremoni   |
|-------------------|------------|-------------|-------------|---|
| Fecha de siembra  | julio 2009 | agosto 2009 | Agosto 2009 | Julio 2009 (1 <sup>a</sup> siembra)<br>Sept. 2009 (2 <sup>a</sup> siembra)<br>Abril 2010 (3 <sup>a</sup> siembra)<br>2 (1 <sup>a</sup> siembra)<br>7 (2 <sup>a</sup> siembra) |
| Sobrevivencia (%) | 75         | 80          | 70          | 75 (3 <sup>a</sup> siembra)   |

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | Página 47 de 91        |



**Figura 25.** Daño causado por bovinos a los árboles establecidos en fincas

La edad de los árboles a diciembre de 2011 era de 30 meses en Taluma, Mata mata y Pradera, mientras que en Andremoni tenían entre 20 y 24 meses. En el desarrollo de los árboles, durante los primeros dos meses se destacó la *Gmelina arborea* al presentar una mayor altura en las cuatro fincas (Anexo 3), con un promedio de 80 cm. En los meses posteriores, La *Acacia mangium* sobresalió sobre el *Eucalipto pellita* y la *Gmelina arborea*, por su mayor altura, diferencias que se ampliaron a partir de la edad de 18 meses (Figura 26), hasta llegar a un promedio de 5,2 m a los 30 meses. El *Eucalipto pellita*, a los 2 meses presentaba una altura de 54 cm y a los 30 meses alcanzó a 4,3 m de altura. La *Gmelina arborea* en los primeros meses presentó buen vigor y desarrollo; sin embargo, a los 30 meses fue el árbol de menor altura con 3,6 m con algunos problemas de ataque de hormiga en todas las fincas y defoliación en la época seca, razones que lo hacen no apto para su establecimiento en sistemas agrosilvopastoriles en la Altillanura colombiana.



**Figura 26.** Crecimiento de los árboles establecidos en franjas en sistemas agrosilvopastoriles. Fincas de la Altillanura plana

## Conclusiones

- Las características físicas de los suelos especialmente la densidad aparente, se mejoró mediante la labranza realizada para la siembra; sin embargo, a los 18 meses después de la siembra y al año de pastoreo las condiciones físicas de los suelos retornaron a su estado inicial cuando el suelo no se había intervenido.
- Con la aplicación de fertilizantes para el desarrollo de la asociación maíz pastos se mejoraron las concentraciones de minerales en los suelos, que hicieron que los pastos presentaran buen desarrollo; sin embargo, La fertilidad se redujo con el paso del tiempo por la extracción realizada por los bovinos que consumieron el pasto desarrollado en estos suelos.
- Para recobrar la alta producción de forraje y productividad animal después de tres años de establecido el sistema agropastoril, es necesario volver a sembrar el cultivo o realizar una fertilización de mantenimiento acompañada de un pase de renovador de praderas para romper la compactación de los suelos.
- El pasto Toledo establecido en sistemas agrosilvopastoriles sobresalió sobre el Mulato II por la mayor productividad de carne en los tres años de pastoreo; sin embargo, el Mulato II se caracterizó por presentar mayor tolerancia a la época seca.

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 49 de 91 |

- Con la producción de grano de maíz o forraje de maíz + pastos ensilados, el productor cubre los costos del establecimiento o recuperación de las praderas, y obtiene unos pastos más productivos de mejor calidad.
- El establecimiento de los árboles se constituyó en el mayor obstáculo para el desarrollo del sistema agrosilvopastoril, especialmente por ataque de hormigas y por destrucción de los árboles por el ganado.
- El establecimiento o renovación de praderas en la Altillanura con el cultivo del maíz, se constituye en una alternativa viable para el productor por los ingresos obtenidos por la cosecha del cultivo y por la producción de carne en los tres años siguientes.

|   |                                  |                 |
|---|----------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                    | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                                  | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO<br>FINAL | Página 50 de 91 |

## Capítulo 2.

### Uso de los cultivos como estrategia de alimentación de bovinos durante la época seca

#### Introducción

Los cultivos forrajeros son una alternativa importante para suplementar al ganado en pastoreo especialmente en la época seca, que es cuando hay disminución en la productividad ganadera por baja disponibilidad de forraje en las praderas (Kluthcouski *et al.*, 2003). La cosecha y almacenaje de biomasa de cultivos forrajeros para suministro a los animales en épocas críticas, ha sido la solución en muchas regiones, debe aplicarse en los Llanos Orientales de Colombia, en donde las lluvias en esta región determinan la estacionalidad en la producción, con problemas de baja disponibilidad de forraje en la época seca que va desde diciembre hasta marzo. Durante estos meses secos en la Altillanura, sólo caen 174 mm del total anual que es de 2400 mm. Esto hace que la productividad ganadera se vea afectada por mermas en las ganancias o perdidas de peso y efecto negativo sobre otros parámetros productivos y reproductivos del ganado. En condiciones normales, los novillos de ceba tienen una ganancia de peso entre 400 y 500 g/animal/día, pero en la época seca estas ganancias se pueden reducir en más de un 50% afectando la rentabilidad de la actividad ganadera, especialmente por el mayor tiempo utilizado en la ceba (CORPOICA, 2003). Para que el uso de cultivos forrajeros en la alimentación animal sea viable, requiere de maquinaria especializada en la siembra, cosecha y demás labores propias del cultivo. Esto se constituye en la principal limitante en la región, por la falta de equipos y además sus costos son demasiados altos. La suplementación animal con cultivos forrajeros intensifica la producción de la finca y reduce la utilización de nuevas áreas (bosques o sabanas) ganadería, preservando los recursos naturales de esta región. La expansión de la frontera agropecuaria se puede reducir aprovechando mejor las áreas ya establecidas especialmente en praderas y complementadas con cultivos de alto rendimiento.

#### Materiales y métodos

**Localización:** En dos fincas de la Altillanura plana que fueron seleccionadas teniendo en cuenta algunas condiciones importantes para el éxito de la actividad, como la disponibilidad de maquinaria y el interés y experiencia del productor en el uso de cultivos almacenados para la alimentación animal. Las fincas seleccionadas fueron las siguientes:

**Finca La Gloria:** Localizada en el Km 45 vía Puerto López a Puerto Gaitán, con una extensión de 150 ha se dedicada al sistema de explotación de cría y ceba.

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 51 de 91 |

**Finca La Piedad:** Localizada en el Km 30 vía Puerto López a Puerto Gaitán, desvío caño la Ema, 10 km, tiene una extensión de 40 ha y el sistema de explotación es la cría y ceba.

Para evaluar las perdidas de peso del ganado de ceba, ocasionadas por falta de forraje durante la época seca y determinar el efecto de la suplementación con ensilaje de maíz, se evaluaron dos tratamientos:

- **Tratamiento 1:** Pastoreo en *Brachiaria* sp.
- **Tratamiento 2:** Pastoreo en *Brachiaria* sp. con una suplementación de ensilaje de maíz + soya.

La suplementación se realizó durante la época seca (enero a marzo), suministrando a cada animal un promedio de 20 Kg/día de suplemento.

En la finca La Gloria, en cada tratamiento se utilizaron 25 novillas Cebú comercial con un peso corporal promedio de 350 Kg. previamente levantadas en praderas de *Brachiaria dictyoneura*. Con una carga de 1 an/ha, el área para pastoreo de cada tratamiento fue de 25 ha. Por consiguiente para este experimento se necesitaron 50 novillas y 50 ha de pasto *Brachiaria* sp. En la Finca La Piedad se utilizaron 20 novillos con un peso promedio inicial de 197 kg/animal y cada grupo de 20 novillos se sostuvo en dos potreros de 20 ha cada uno.

### Diseño experimental

Los animales fueron bloqueados por peso corporal en dos bloques y se asignaron aleatoriamente a los dos tratamientos experimentales, cada animal fue tomado como una repetición. Para el análisis estadístico de los resultados se realizó análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de t.

### Evaluación de crecimiento

Los animales de cada tratamiento se pesaron al inicio y al final del periodo experimental. Con la evaluación de peso se calculó la ganancia diaria de peso.

### Establecimiento de los cultivos forrajeros

El suplemento forrajero integrado por forraje de maíz y soya almacenado en silo, fue producido en cada finca. Para la obtención de este silo se programó el establecimiento en cada finca de 1 ha de maíz forrajero y 1 ha de soya forrajera CORPOICA Taluma 5.

En las fincas La Gloria y La Piedad, se iniciaron las actividades de preparación de suelos, en el mes de agosto de 2009 mediante labranza vertical con cincel rígido y luego un pase de rastra y un pase de pulidor. Las áreas seleccionadas para la siembra de los cultivos ya habían sido cultivadas con maíz en el primer semestre del 2009 por lo tanto se aplicó una labranza reducida. La siembra del maíz y la soya se establecieron en lotes contiguos con el fin de realizar la cosecha en forma

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 52 de 91</b> |

simultánea, para así tener un ensilaje donde se integró la gramínea y la leguminosa, buscando de esta forma mejorar su calidad nutritiva.

Como la soya forrajera y el maíz tiene diferentes periodos vegetativos, porque el maíz se cosecha en estado de choclo a los 80 días y la soya cuando ha llenado la vaina que ocurre a los 70 días, se decidió sembrar primero el maíz y a los 8 días se sembró la soya. La siembra de los dos cultivos en las dos fincas se realizó entre el 15 y el 30 de septiembre del 2009. Para la siembra de estos cultivos se utilizó una sembradora de granos que además realizó la fertilización en el surco en forma simultánea. La distancia utilizada entre surcos fue de 80 cm para los dos cultivos previendo que la maquina cosechadora se encontraba calibrada para el corte de los cultivos a esta misma distancia. En cada surco de maíz se colocaron entre 6 y 7 semillas por metro lineal y de soya entre 11 y 12 semillas por metro lineal, de esta forma se obtuvieron poblaciones por hectárea de 75.000 y 150.000 plantas de maíz y soya respectivamente.

El maíz utilizado fue el híbrido Pionner 30F87 en una densidad de siembra de 22 kg/ha de semilla y la semilla de soya CORPOICA Taluma 5 fue en una densidad de siembra de 50 kg/ha.

La fertilización de los cultivos se realizó teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelos (Tabla 1). En las dos fincas se presentaron concentraciones de Calcio (Ca) y magnesio (Mg) moderadas; sin embargo, la concentración de aluminio (Al) fue baja, lo cual determinó una saturación de bases superior al 60%, resultando ser adecuada para el desarrollo del maíz y la soya, por lo tanto no fue necesario aplicar cal.

**Tabla 1.** Resultados de los análisis de suelos de las fincas seleccionadas para el establecimiento de los cultivos forrajeros. Altillanura plana.

| <b>Característica</b>   | <b>La Gloria</b> | <b>La Piedad</b> |
|-------------------------|------------------|------------------|
| pH                      | 5,4              | 5,0              |
| M.O (%)                 | 3,2              | 2,8              |
| P (ppm)                 | 1,0              | 7,8              |
| Acidez intercambiable   | 0,31             | 0,60             |
| Al (me/100 g)           | 0                | 0,4              |
| Ca (me/100 g)           | 2,17             | 0,70             |
| Mg (me/100 g)           | 0,73             | 0,23             |
| K (me/100 g)            | 0,04             | 0,03             |
| CIC (me/100 g)          | 3,24             | 1,6              |
| S (ppm)                 | 3,13             | 6,0              |
| Fe (ppm)                | 35,6             | 24,0             |
| B (ppm)                 | 0,27             | 0,24             |
| Cu (ppm)                | 0,36             | 0,4              |
| Mn (ppm)                | 1,56             | 1,1              |
| Zn (ppm)                | 0,24             | 0,3              |
| Saturación de bases (%) | 90,7             | 60               |

|  |  |                 |
|--|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|  |  | VERSIÓN 0       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 53 de 91 |

En la finca La Gloria se encontró solamente 1 ppm de fósforo (P) disponible, resultando ser muy bajo considerando que ya se había realizado un cultivo de maíz en este mismo suelo. Para mejorar esta situación se aplicó 800 kg/ha de abono Paz del Río fertilizante de mediana disponibilidad que aportó al suelo 32 kg/ha de P. De igual forma por la menor concentración de azufre (S) en esta finca, se aplicó 400 kg/ha de yeso agrícola. En la finca La Piedad no se aplicó ningún tipo de enmienda debido a las concentraciones adecuadas de S, P y bajas concentraciones de Al. En el momento de la siembra se aplicó en las dos fincas; 200 kg/ha de fosfato diamónico, 30 kg de Borozinco como fuente de microelementos (Tabla 2). Por el bajo concentración de potasio (K) en estos suelos, se aplicó 200 kg/ha de cloruro de K, de los cuales 50% se aplicó en el momento de la siembra y el otro 50% fraccionado en partes iguales con la aplicación de la urea que fue a los 20 y 35 días después de la siembra. La soya fue inoculada con el rizobium ICA J-01 antes de la siembra. Como fuente de rápida disponibilidad de Mg, en La Gloria y La Piedad se aplicó 100 y 150 kg/ha de kieserita, respectivamente.

**Tabla 2.** Fertilización (kg/ha) en las Fincas La Gloria y La Piedad para el cultivo de maíz forrajero. Altillanura plana

| Insumo            | Finca La Gloria | Finca La Piedad |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Abono paz del río | 800             | 0               |
| Yeso agrícola     | 400             | 0               |
| Cloruro de K      | 200             | 200             |
| DAP               | 200             | 200             |
| Borozinco         | 30              | 30              |
| Kieserita         | 100             | 150             |
| Urea              | 200             | 200             |

La fertilización en el cultivo de soya fue igual a la aplicada al cultivo de maíz con la diferencia que no se aplicó urea. En la Finca La Gloria se presentó un alto desarrollo de malezas entre los surcos de la soya que fue necesario controlar en forma mecánica con guadaña manual y con la aplicación de un herbicida hormonal en una dosis de 1 l/ha, con la utilización de pantalla para proteger las plantas de soya. También se presentó ataque de crisomélidos cuando la soya tenía una edad de 30 días, para su control se utilizó 1 l/ha de Lorsban líquido.

La recolección fue hecha con cosechadora de forraje en surcos, cortando un surco de maíz y luego un surco de soya. En la Finca La Gloria el forraje cosechado se almacenó en silopress y en la Finca La Piedad en un silo de montón.

## Evaluaciones

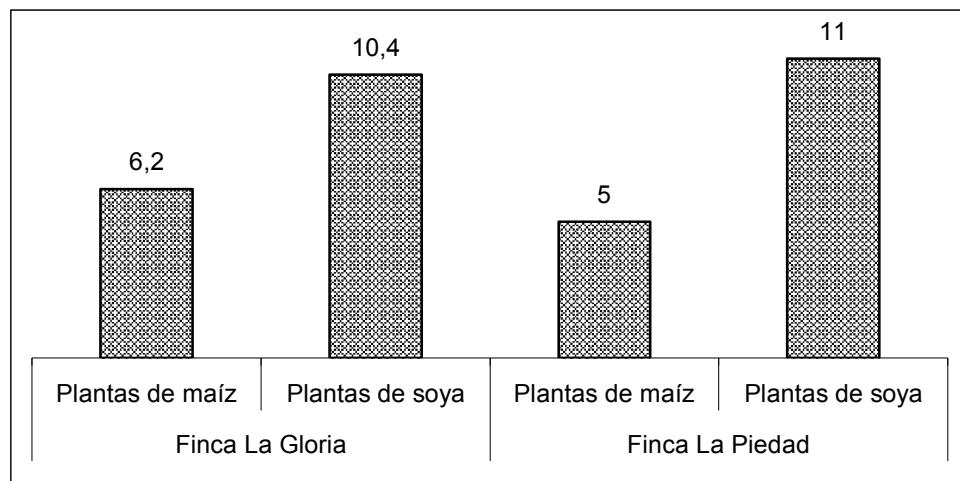
- Producción de biomasa de la asociación (kg/ha), en el momento de la cosecha del forraje.
- Calidad nutritiva del ensilaje (proteína cruda, FDN, FDA, degradabilidad *in situ* de la materia seca, P, Ca, Mg, S, K, Cu, Zn), en el momento de iniciar el suministro a los animales.

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |  | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | <b>Página 54 de 91</b> |

- Disponibilidad de forraje de pastoreo (kgMS/ha), composición botánica de la pradera, cobertura, altura del pasto.
- Calidad nutritiva del forraje de pastoreo (proteína cruda, degradabilidad *in situ* de la materia seca, FDN, FDA).
- Ganancia de peso de los novillos. Pesaje de animales al inicio y final del experimento.

## Resultados y discusión

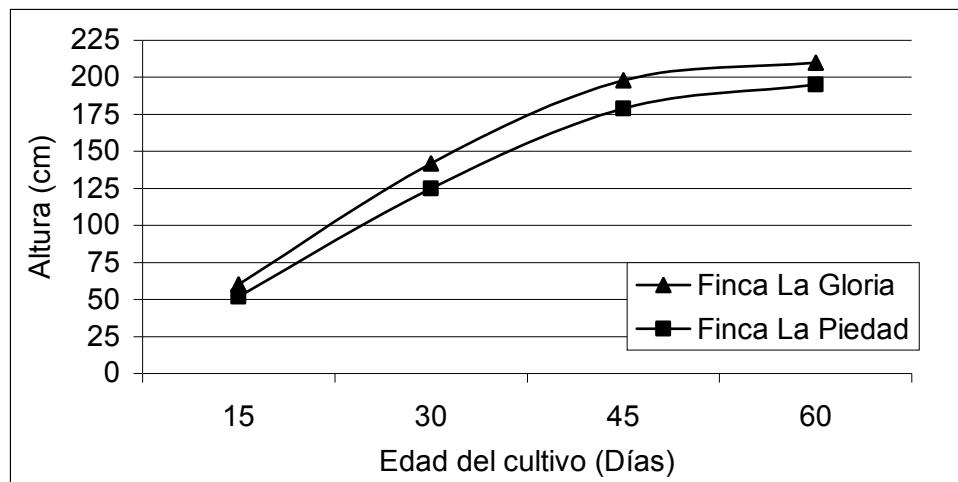
La población de maíz y soya obtenida en las evaluaciones realizadas a los 30 días después de la siembra (dds) fue ligeramente inferior a la densidad de semilla empleada, lo que nos indica la buena calidad de la semilla utilizada y la eficiencia de la maquinaria utilizada. Como se puede apreciar en la figura 1, de las 6 a 7 semillas de maíz sembradas por metro lineal, germinaron y se desarrollaron entre 6,2 y 5 plantas en las fincas La Gloria y La Piedad, respectivamente. En el mismo orden de las 11 a 12 semillas sembradas de soya, se desarrollaron entre 10,4 y 11 plantas.



**Figura 1.** Población de maíz y soya (plantas/metro lineal) a los 30 días después de la siembra en fincas de la Altillanura plana

El crecimiento del maíz expresado en altura de la planta (Figura 2), se midió cada 15 días, desde los 15 dds hasta los 60 dds. La curva generada fue similar en las dos fincas; sin embargo, las plantas de maíz en la finca La Gloria presentaron una mayor altura desde los 15 dds y se sostuvo hasta los 60 dds llegando a tener una altura de 210 cm mientras que en la finca La Piedad fue de 195 cm

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 55 de 91 |

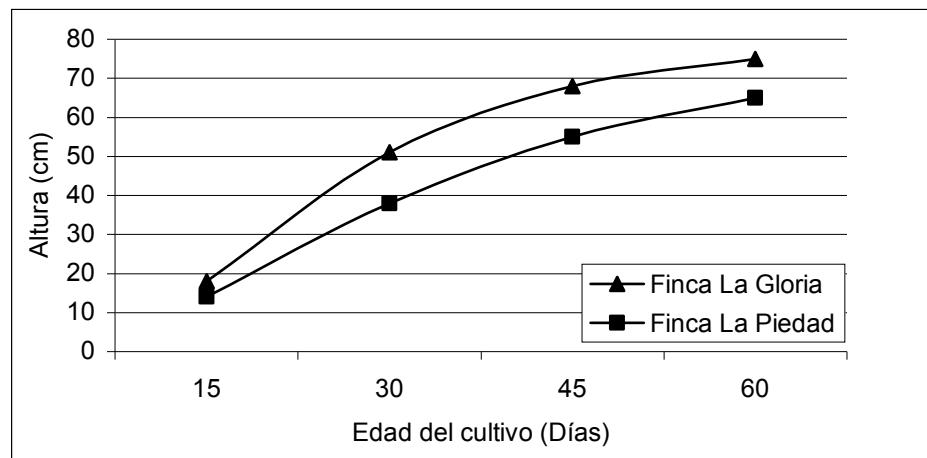


**Figura 2.** Altura de la planta de maíz desde los 15 hasta los 60 días después de la siembra en fincas de la Altillanura plana.



**Figura 3.** Estado de los cultivos de maíz y soya forrajera antes de la cosecha, el la finca La Gloria. Altillanura plana

Con respecto al cultivo de soya, la diferencia encontrada en el crecimiento de este cultivo en las dos fincas fue más amplia, a favor del establecido en la finca La Gloria. Esta diferencia fue más evidente después de los 30 dds (Figura 4) porque a esta edad la altura fue de 51 y 38 cm en las fincas La Gloria y La Piedad, respectivamente.



**Figura 4.** Altura de la planta de soya desde los 15 hasta los 60 días después de la siembra en fincas de la Altillanura plana

Posteriormente a los 60 dds cuando el cultivo se encontraba próximo a la cosecha, la diferencia a favor de la soya de la finca La Gloria fue de 10 cm.

La cosecha se realizó en la primera quincena del mes de diciembre del 2009, con una producción de forraje de maíz de 35 t/ha y de soya 22 t/ha para una producción total de 57 t en las 2 ha en la finca La Gloria el cual fue almacenado bajo el sistema silopress (Figura 5) por la disponibilidad de estos equipos en la finca. En la finca La Piedad se obtuvo un rendimiento de 30 t/ha de maíz y 20 t/ha de soya para un total de 50 t/2ha y este forraje fue almacenado en silo de montón (Figura 6).



**Figura 5.** Almacenamiento del forraje de maíz y soya en silopress. Finca La Gloria.

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <b>Corpoica</b><br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 57 de 91 |



**Figura 6.** Almacenamiento de forraje de maíz y soya en silo de montón. Finca La Piedad. Altillanura plana

Los ensilajes que fueron utilizados en la alimentación de bovinos en la época seca del año 2010, presentaron amplias diferencias en términos de contenido de proteína cruda, mientras que la fibra no presentó grandes diferencias (Tabla 3). Es claro el beneficio que tiene la mezcla de la soya forrajera, con el aporte de proteína cruda al ensilaje de maíz, en las dos fincas evaluadas. En la finca Piedad, la proteína del ensilaje de solo maíz fue de 4,2% y cuando se mezcló con la soya, aumentó a 11,6%. La misma tendencia se observó en la finca La Gloria al pasar de 8,5% de proteína en el ensilaje de solo maíz a 12,1% en la mezcla con soya. Por otra parte, la degradabilidad de los ensilajes de soya con maíz es muy buena llegando a un promedio de 72%. Esta tecnología es de gran importancia, como estrategia para la alimentación del ganado en la época seca, pues su buena calidad está dando solución al bajo concentración de proteína que tradicionalmente ha tenido el ensilaje de maíz, por lo tanto los rendimientos de carne o leche se pueden incrementar en esta época en donde tradicionalmente se han presentado pérdidas en los sistemas de producción ganaderos.

**Tabla 3.** Calidad del ensilaje (%) de maíz con y sin soya en dos fincas de la Altillanura plana

| Finca     | Ensilaje    | Proteína Cruda | FDN  | FDA  | Degradabilidad |
|-----------|-------------|----------------|------|------|----------------|
| La Piedad | Maíz        | 4,2            | 61,8 | 37,2 | 51,8           |
|           | Maíz + soya | 11,6           | 62,2 | 34,4 | 72,5           |
| La Gloria | Maíz        | 8,5            | 58,4 | 29,2 | 68,0           |
|           | Maíz + soya | 12,1           | 52,4 | 29,6 | 71,4           |

FDN: Fibra en detergente neutro, FDA: Fibra en detergente ácido

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 58 de 91 |

Con respecto a la concentración de minerales en los ensilajes evaluados, se encontró que el P y el Ca fueron superiores en el ensilaje de la mezcla de soya con maíz, en las dos fincas. La concentración de P aumento a 0,18 y 0,23% en las fincas Piedad y La Gloria respectivamente, alcanzando a llenar los requerimientos de ganado de ceba. En cuanto al Ca se encontró amplias diferencias en su concentración en las dos fincas, siendo superior en la finca Piedad; sin embargo, se pudo apreciar mayor concentración de este elemento en la mezcla de soya y maíz. Con respecto al Mg y al S, no se observó efectos en la concentración de los ensilajes al hacer la mezcla con soya forrajera (Tabla 4).

**Tabla 4.** Concentración de minerales (%) en el ensilaje de maíz solo y maíz asociado con soya forrajera en dos fincas de la Altillanura plana.

| Finca     | Ensilaje    | P    | K    | Ca   | Mg   | S    |
|-----------|-------------|------|------|------|------|------|
| La Piedad | Maíz        | 0,10 | 0,57 | 0,28 | 0,18 | 0,20 |
|           | Maíz + soya | 0,18 | 1,19 | 0,31 | 0,20 | 0,16 |
|           | Maíz        | 0,15 | 0,99 | 0,12 | 0,17 | 0,16 |
| La Gloria | Maíz + soya | 0,23 | 0,83 | 0,17 | 0,16 | 0,16 |

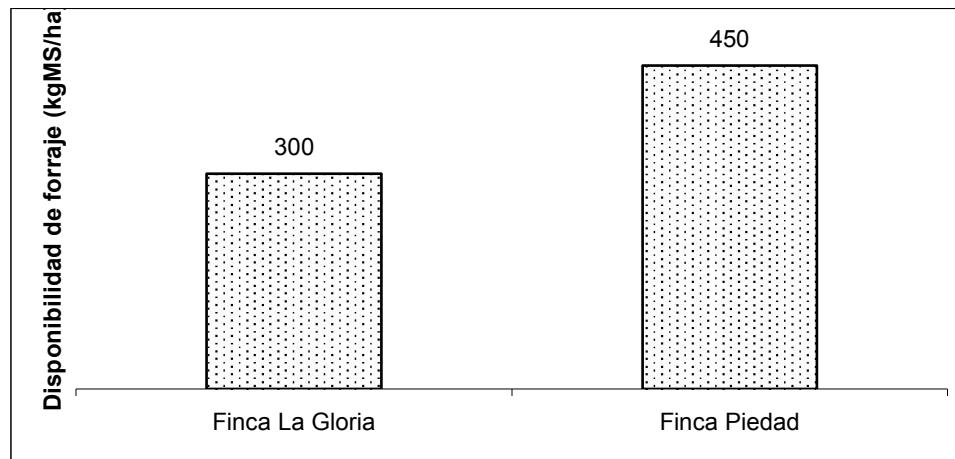
La concentración de Fe fue mayor en los ensilajes mezclados de soya con maíz con incremento en tres veces en la finca La Piedad y dos veces en la finca La Gloria; sin embargo, en los otros microelementos no se observaron efectos por la utilización de la soya en mezcla con el maíz, las diferencias observadas se presentaron principalmente entre fincas, como posible respuesta a la diferencia de suelos (Tabla 5).

**Tabla 5.** Concentración de micro elementos (%) en el ensilaje de maíz solo y maíz asociado con soya forrajera en dos fincas de la Altillanura plana.

| Finca     | Ensilaje    | Fe     | Cu    | Mn    | Zn    | B     |
|-----------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| La Piedad | Maíz        | 109,40 | 12,00 | 59,40 | 14,00 | 7,00  |
|           | Maíz + soya | 410,20 | 10,70 | 55,40 | 15,30 | 8,10  |
|           | Maíz        | 94,00  | 9,30  | 35,40 | 13,30 | 11,80 |
| La Gloria | Maíz + soya | 180,80 | 11,30 | 26,00 | 10,70 | 14,90 |

|  |                                      |                        |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|  |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 59 de 91</b> |

En las fincas La Gloria y Piedad las praderas donde se evaluó la productividad animal estaban constituidas por pasto llanero con una disponibilidad de forraje en la época seca de 300 y 450 kgMS/ha respectivamente (Figura 7). Este pasto es el usado tradicionalmente en estas fincas para la alimentación de los bovinos tanto en la época seca como en la época lluviosa. En el momento de la evaluación, el pasto no tenía más de 20 cm de altura y la mayoría del forraje se había secado, especialmente en la finca La Gloria.



**Figura 7.** Disponibilidad de forraje de Pasto llanero en las fincas La Gloria y Piedad en la época seca.

Además de la baja disponibilidad de forraje, la calidad fue baja, teniendo en cuenta que la proteína cruda fue de solo 5,6 y 6,2 en las fincas La Gloria y Piedad, respectivamente, también se encontró alto contenido de fibra y regular degradabilidad *in situ* de la materia seca por efecto del estrés hídrico que se evidencia con el alto contenido de materia seca en las dos fincas (Tabla 6).

**Tabla 6.** Valor nutritivo del pasto llanero durante la época seca en las fincas La Gloria y La Piedad. Altiplanicie plana

| <b>Valor nutritivo</b>              | <b>Finca La Gloria</b> | <b>Finca La Piedad</b> |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Materia seca (%)                    | 43                     | 40                     |
| Proteína cruda (%)                  | 5,6                    | 6,2                    |
| FDN (%)                             | 68,2                   | 67,5                   |
| FDA (%)                             | 39,5                   | 38,0                   |
| Degrabilidad de la materia seca (%) | 55                     | 57                     |

FDN: Fibra en detergente neutro, FDA: Fibra en detergente ácido

|  |                               |                 |
|--|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|  |                               | VERSIÓN 0       |
|  | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 60 de 91 |

En la finca La Gloria se utilizaron 25 novillas para la evaluación de ganancia de peso bajo pastoreo con suplemento de ensilaje de maíz y soya, y 25 novillas en solo pastoreo, (Anexo 4 y 5). En la finca La Piedad por la menor disponibilidad de ensilaje, se utilizaron 20 novillos en cada tratamiento (Anexo 6 y 7). En las dos fincas se realizó la evaluación entre enero y febrero del 2009. En los dos meses, las novillas en La Gloria que consumieron ensilaje, pasaron de un peso inicial de 343 kg/an a 386 kg/an obteniendo una ganancia de 42,5 kg/animal, mientras que los animales que solamente estuvieron en pastoreo presentaron una pérdida de 15 kg/novilla. En la Finca La Piedad, para la evaluación de la suplementación con el ensilaje se utilizaron 20 novillos los cuales tenían en promedio un peso inicial de 197 kg/an y al cabo de los 60 días se llegó a 235 kg/an, obteniendo una ganancia de peso de 37,5 kg/an. En solo pastoreo se utilizaron 20 novillos con un peso inicial de 213 kg/an y al final de los dos meses el peso promedio fue de 197 kg/an, con una pérdida de 16,5 kg/an (Tabla 7).

**Tabla 7.** Ganancia de peso de novillas y novillos en pastoreo y suplementados con ensilaje de maíz + soya durante la época seca en las fincas La Gloria y La Piedad. Altillanura plana

| Indicador                                | Finca La Gloria             |                             | Finca La Piedad             |                             |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|  | Animales suplementados      | Animales en pastoreo        | Animales suplementados      | Animales en pastoreo        |
| Área (ha)                                | 25                          | 25                          | 20                          | 20                          |
| Días de evaluación                       | 60                          | 60                          | 60                          | 60                          |
| Fecha de evaluación                      | 15 enero a 15 marzo de 2009 | 15 enero a 15 marzo de 2009 | 10 enero a 10 marzo de 2009 | 10 enero a 10 marzo de 2009 |
| Nº de animales                           | 25                          | 25                          | 20                          | 20                          |
| Carga (animal/ha)                        | 1                           | 1                           | 1                           | 1                           |
| Peso inicial promedio (kg/animal)        | 343,4                       | 305,6                       | 197,4                       | 213,3                       |
| Peso final promedio (kg/animal)          | 385,9                       | 290,5                       | 234,9                       | 196,8                       |
| Ganancia de peso por animal (kg/60 días) | 42,5                        | -15,1                       | 37,5                        | -16,5                       |
| ganancia diaria (kg/animal)              | 0,709                       | -0,252                      | 0,625                       | -0,275                      |

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 61 de 91</b> |



**Figura 8.** Suministro de ensilaje a novillas en la finca La Gloria durante la época seca. Altillanura plana

Teniendo en cuenta que la producción de ensilaje obtenida en la finca La Gloria fue de 28 t/ha con unos costos de producción de \$3.570.000, el costo para producir 1 kg de ensilaje fue de \$127. Haciendo el mismo análisis para la finca La Piedad donde se obtuvo una producción de 25 t/ha con un costo de producción de \$3.500.000, el costo de 1 kg de ensilaje fue de \$140. El consumo promedio diario de ensilaje por animal en las dos fincas fue de 20 kg, y de 1200 kg/animal durante el periodo de evaluación, entonces en los 60 días todos los animales consumieron un total de 36 t en La Gloria y 24 t en la finca La Piedad.

El costo de la alimentación con ensilaje durante los 60 días de evaluación fue de \$152.400/animal en la finca La Gloria y el valor de la carne producida por animal en ese periodo (43 kg/an) fue de \$129.000 (\$3000/kg de carne en pie) por lo tanto, la diferencia entre estos dos valores fue de \$-23.400; sin embargo, descontando la pérdida que obtuvieron los animales en solo pastoreo, (15 kg/animal) con un valor de \$45.300/animal, se tiene que el productor realmente obtuvo una ganancia de \$21.600/animal cuando suministró ensilaje a las novillas.

En al Finca La Piedad durante los 60 días de evaluación, el costo del suplemento fue de \$168.000/animal. La producción de carne en pie en esta finca fue de 38 kg/animal con un valor de \$114.000, por consiguiente la diferencia entre el valor del suplemento y el valor de la carne producida fue de -\$54.000. Los animales que estuvieron en solo pastoreo presentaron una pérdida de 17 kg/an con un valor de \$51.000, por consiguiente en la Finca La Piedad el productor obtuvo una pérdida de \$3000, cuando suplemento a los novillos con ensilaje (Tabla 8).

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |  | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | <b>Página 62 de 91</b> |

**Tabla 8.** Indicadores económicos y técnicos del uso de ensilaje de maíz soya en la producción animal durante la época seca en las fincas La Gloria y Piedad. Altillanura plana.

| <b>Indicador</b>   | <b>La Gloria</b> | <b>La Piedad</b> |
|--|------------------|------------------|
| Producción de silo: (kg/ha)  | 28.000           | 25.000           |
| Costos por ha (\$)   | 3.570.000        | 3.500.000        |
| Valor de un kilo (\$)  | 127              | 140              |
| Consumo diario (kg/an)   | 20               | 20               |
| Consumo total de ensilaje durante los 60 días (kg)                                 | 30.000           | 24.000           |
| Periodo de evaluación (días)   | 60               | 60               |
| Consumo total por animal en el período (kg)  | 1.200            | 1.200            |
| Valor total del ensilaje por animal en 60 días (\$)                                | 152.400          | 168.000          |
| Ganancia de peso en el periodo (kg/an)   | 43               | 38               |
| Ingreso por venta de carne en el periodo (\$3000/kg en pie)                        | 129.000          | 114.000          |
| Diferencia entre producción de carne y costo ensilaje consumido en el periodo (\$) | -23.400          | -54.000          |
| Perdidas de peso en solo pastoreo (kg/an)  | 15               | 17               |
| Valor de la perdida (\$)   | 45.000           | 51.000           |
| Ganancia con respecto a animales en pastoreo (\$)                                  | 21.600           | -3.000           |

El propietario de la finca La Gloria, al observar los buenos resultados de esta actividad, decidió replicarla en los años 2010 y 2011, estableciendo 10 ha de maíz y 10 ha de soya forrajera. Los costos fueron asumidos por el productor y el proyecto le ha dado el acompañamiento técnico y recomendaciones para que esta inversión sea exitosa.

### Conclusiones

- Los cultivos de maíz y soya para forraje se constituye en una alternativa viable para la alimentación de bovinos durante la época seca en la Altillanura plana, siempre y cuando la producción de forraje sea superior a 28 t/ha y la calidad del ensilaje sea mejorada con una fuente de proteína como la soya.
- El uso de ensilajes para la alimentación de bovinos puede ser aplicada con la disponibilidad de maquinaria de la finca para la siembra y la cosecha, de lo contrario, esta tecnología es de difícil adopción por parte de los productores.
- Las lluvias que tradicionalmente han seguido un régimen sin mayores cambios, en los últimos tres años han presentado variaciones especialmente en el segundo semestre, por lo tanto, las siembras para ensilaje deben realizadas a mas tardar en el mes de agosto.

|   |                                  |                 |
|---|----------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                    | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                                  | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO<br>FINAL | Página 63 de 91 |

## Capítulo 3.

### Desarrollo de una herramienta para determinar la disponibilidad forrajera aplicado al manejo del pastoreo en agroecosistemas ganaderos, utilizando técnicas de fotografía convencional

#### Introducción

Uno de los factores de ineficiencia en el manejo de los pastos es el deficiente aforo de la disponibilidad de forraje y consecuentemente los ajustes requeridos en la carga animal para evitar el sobrepastoreo y la degradación de las praderas. Frecuentemente estas decisiones son tomadas por parte de los ganaderos y administradores con criterios meramente subjetivos y depende en mucho de la práctica y “ojo” del evaluador.

Para apoyar la toma decisiones con criterios mas objetivos se propone incorporar el uso de instrumentos muy prácticos de aforo, tales como los “Foto estándares” o colecciones fotográficas de pasturas desarrollados en principio para ganaderos en Australia y complementados con instrumentos sencillos de medición tales como regletas aforadoras, tablas colorimétricas, todas al alcance de los usuarios finales. Si bien existen en la actualidad metodologías para la evaluación de pastizales, en las que se estima la producción de fitomasa como el Botanal que han sido muy importantes en desarrollo de la agrostología, un enfoque dirigido a personal no erudito y de aplicación práctica es necesario para garantizar el adecuado uso de los pastizales.

El desarrollo y la validación de estas técnicas exige investigación empírica bajo las particulares condiciones de la altillanura, se propone entonces realizar estándares fotográficos bajo las condiciones de iluminación y ángulos de observación controlados para el desarrollo sets de fotografías que representen las diferentes ofertas forrajeras, en términos de cantidad de forraje seco por hectárea, igualmente para correlacionar la altura de planta y el color de la hoja de la planta con la disponibilidad de forraje seco, índice de verdor o concentración de clorofila y la concentración proteína cruda.

#### Materiales y métodos

##### Diseño de sensor aerotransportado de alta resolución para la generación de las fotos estándares de praderas

Con la intervención del estudiante del pasantía Julio Cesar Giraldo Gutiérrez, de la facultad de Ingeniería Electrónica de Unillanos, se inició el diseño de un equipo para el funcionamiento de un sensor aerotransportado de alta resolución para la generación de las fotos estándares de las praderas, con la realización de las siguientes actividades y procesos:

- Pruebas de empuje proporcionado por cada globo con helio comprobando los resultados teóricos obtenidos, aerodinámica de los globos, máximo volumen alcanzado por el globo y estabilidad en vuelo de los equipos.

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 64 de 91</b> |

- Diseño de la estructura que soportara la cámara, el servo y demás materiales que componen el artefacto.
- Búsqueda y selección del software robusto versátil y licenciado que permita realizar un entorno grafico amigable para el usuario sin comprometer la complejidad del proyecto.
- Estudio de la fotointerpretación y las herramientas que se le pueden brindar al experto mediante el software para facilitar y optimizar su trabajo.
- Desarrollo del entorno grafico en la herramienta GUIDE del software MATLAB 7.7 la cual permitirá al usuario la aplicación rápida de filtros sin que para ello requiera conocimientos de este tema.
- Modificación constante del código fuente para agregar o mejorar las herramientas usadas en el tratamiento de la imagen.
- Empalme del artefacto con el software en el computador portátil usado para el proyecto.
- Uso del programa AUTOSTICH para generar un mosaico con las fotos capturadas por el aparato y así obtener un solo plano grande a partir de muchas fotografías del mismo campo.

### **Relación de asociación y dependencia entre proteína, Índice de verdor (Spad) y color de las hojas**

Se tomaron muestras de hojas de los pastos *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. dactyoneura* cv. Llanero y *B. brizantha* cv Toledo, y se les midió el índice de verdor con un clorofilómetro Minolta Spad 502 (Caires et al., 2005; Pantaleón y Ocon, 2008). Estas muestras se agruparon en rangos de índice de verdor obtenidos (20 a 25, 26 a 30, 31 a 35, 36 a 40, 41 a 45 y 46 a 50 grados Spad), de cada grupo de hojas del respectivo rango se tomó una muestra para secado en estufa a 72°C durante tres días y luego se le determinó contenido de proteína cruda mediante el método de Kjeldahl. Las muestras de las hojas en fresco fueron fotografiadas contra un fondo blanco estándar para establecer los tonos del color verde. La intensidad del color verde se correlacionó con la concentración de proteína cruda, mediante la generación de ecuaciones de regresión.

### **Relación de asociación y dependencia entre altura y biomasa de los pastos**

Inicialmente se midió la altura del pasto y la cobertura vegetal, posteriormente se tomó la fotografía y luego con un marco de 0,25 m<sup>2</sup> se realizó corte del material forrajero a una altura de 15 a 20 cm para los pastos *B. humidicola* y Llanero, entre 20 y 25 cm para el *B. decumbens* y entre 25 y 30 cm para el pasto Toledo, este material fue secado en horno para determinar la materia seca del forraje.

|   |                                  |                 |
|---|----------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                    | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                                  | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO<br>FINAL | Página 65 de 91 |

## Resultados y discusión

### Diseño de sensor aerotransportado de alta resolución para la generación de las fotos estándares de praderas

Tras cuatro pruebas de campo realizadas con el equipo para el funcionamiento de un sensor aerotransportado de alta resolución para la generación de las fotos estándares de las praderas, se ha concluido:

- El empuje ascendente brindado por los globos es significativamente reducido en presencia de vientos descendentes.
- Los globos no pueden ir libres ya que el viento incorpora inestabilidad al sistema.
- La estructura debe estar atada a más de un punto de los globos ya que eso evitara que la misma gire sobre su propio eje, aumentando así la estabilidad del sistema.
- Se redujo el diámetro de los globos ya que a pesar de que el empuje obtenido es muy favorable, también se debilita demasiado el látex del globo haciéndole muy susceptible a los cambios de temperatura y al roce con algunos objetos.
- Los globos tienen que unirse de alguna forma ya que el viento que los azota se ubica entre ellos en forma de remolinos lo cual genera una turbulencia que difícilmente se controla con las cuerdas de control desde tierra por ello se uso una red en nylon que forra a los globos obligándoles a estar juntos y además esta brinda los cuatro puntos de agarre que necesitamos para la estructura.
- El software usado para hacer la recepción y procesamiento de la imagen es Matlab 7.7 y está funcionando perfectamente y es una poderosa herramienta que permite crear una interfaz de usuaria amigable de tal forma que una vez terminado el sistema pueda ser utilizado por cualquier usuaria sin necesidad de mucha instrucción (Figura 1).
- La red brinda estabilidad pero aun permite la generación de vértices de viento, y aunque mitiga sus efectos no brinda en su totalidad la estabilidad requerida por la cámara para realizar una transmisión nítida, por lo cual se trabaja en la construcción de un especie de saco de tela muy delgada y liviana que impida la generación de estos vértices y se espera mayor estabilidad al sistema.
- Se cuenta con un alcance de transmisión de 100 metros pero la cámara no puede estar a mas de 80 metros horizontales del portátil ya que si alcanza los 50 metros de altura con respecto al receptor tendría 96 metros de distancia la cual corresponde a la hipotenusa del triángulo rectángulo generado al no encontrarse el computador exactamente debajo del artefacto, lo cual pone la transmisión al límite y cualquier

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   |  | <b>Página 66 de 91</b> |

viento podría ampliar esta distancia al empujar los globos hacia arriba perdiendo la transmisión.



**Figura 1.** Imagen de una cancha de fútbol capturada por el equipo con sensor aerotransportado por un globo

#### **Relación de asociación y dependencia entre la altura y biomasa de los pastos**

Para ajustar las metodologías de evaluación y establecer relaciones entre altura y disponibilidad de forraje, se realizaron mediciones a varios pastos (*B. humidicola*, *B. dictyoneura*, *B. decumbens*, *B. brizantha*), en diferentes condiciones de desarrollo.

#### ***B. humidicola***

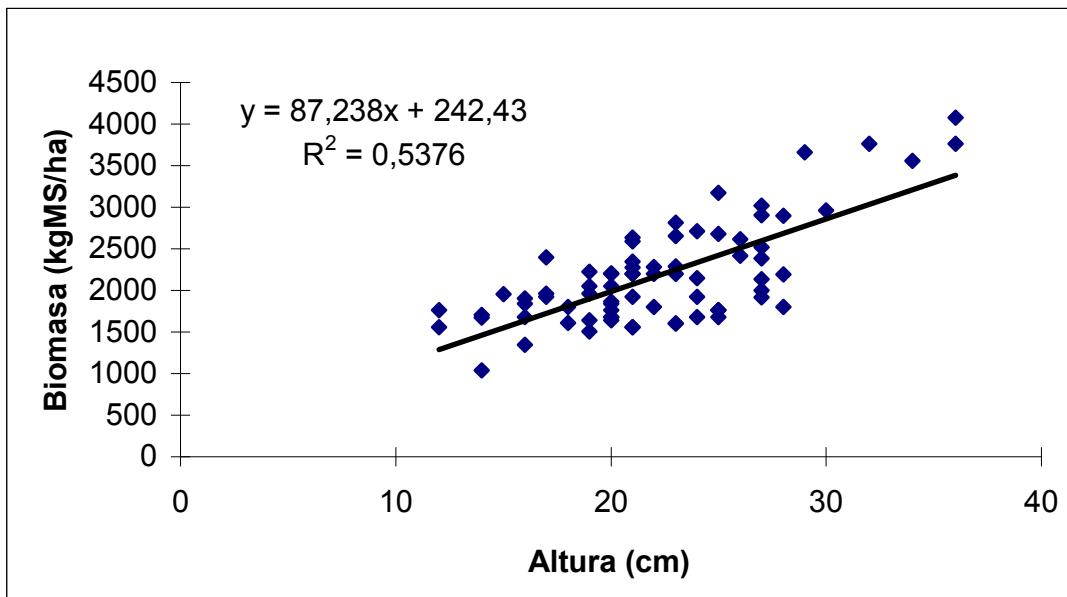
En la tabla 1 se presenta un resumen de las estadísticas de regresión y en la figura 2 se presenta la curva de regresión de las dos variables, donde se tuvo como variable dependiente a la biomasa en términos de materia seca por hectárea del *B. humidicola* y la variable independiente fue la altura de la planta. Teniendo en cuenta esta información se puede apreciar un coeficiente de determinación ( $R^2= 0,53$ ) lo cual nos permite afirmar que la biomasa esta explicada en un 53% por la altura de la planta para lo cual se generó la ecuación de regresión:

$$y = 87,238x + 242,43$$

|  |                                      |                        |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|  |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 67 de 91</b> |

**Tabla 1.** Estadísticas de regresión y correlación entre altura y producción de biomasa del pasto *B. humidicola* en la Orinoquia Colombiana

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0,73   |
| Coeficiente de determinación $R^2$  | 0,53   |
| $R^2$ ajustado                      | 0,53   |
| Error típico                        | 416,68 |
| Observaciones                       | 74     |



**Figura 2.** Curva de regresión entre biomasa disponible y altura de la planta de *B. humidicola*

### *B. decumbens*

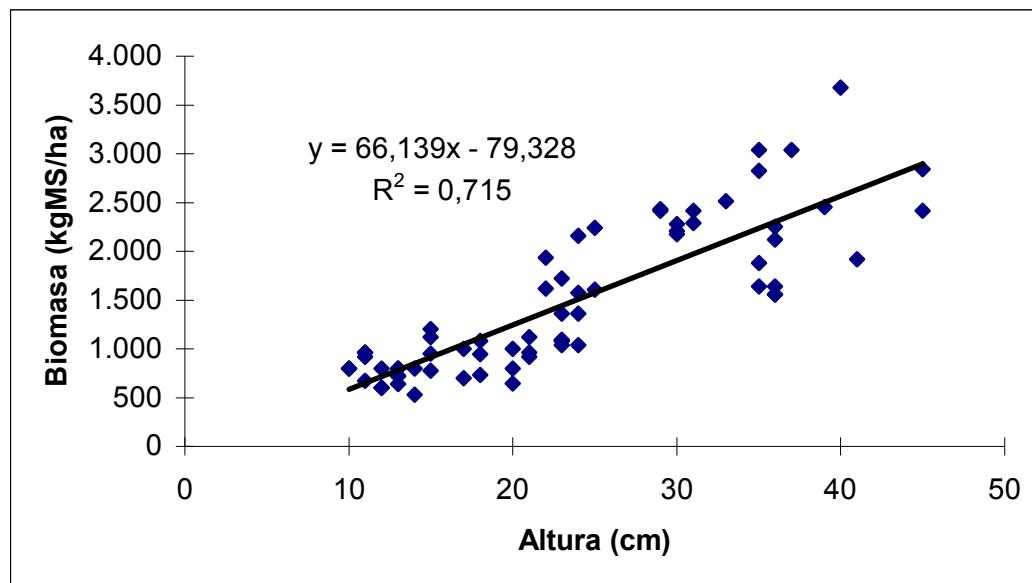
En la tabla 2 se presenta un resumen de las estadísticas de regresión y en la figura 3 se presenta la curva de regresión de las dos variables, donde se tuvo como variable dependiente a la biomasa del *B. decumbens* y la variable independiente a la altura de la planta. Teniendo en cuenta esta información se puede apreciar un coeficiente de determinación ( $R^2= 0,71$ ) lo cual nos permite afirmar que la producción de materia seca esta explicada en un 71% por la altura de la planta para lo cual se generó la ecuación de regresión:

$$y = 66,139x - 79,328$$

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 68 de 91 |

**Tabla 2.** Estadísticas de regresión entre producción de biomasa y, altura del pasto *B. decumbens* en la Orinoquia Colombiana

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0,84   |
| Coeficiente de determinación $R^2$  | 0,71   |
| $R^2$ ajustado                      | 0,71   |
| Error típico                        | 407,17 |
| Observaciones                       | 68     |



**Figura 3.** Curva de regresión entre biomasa disponible y altura de la planta de *B. decumbens*

#### ***B. dictyoneura* cv. Llanero**

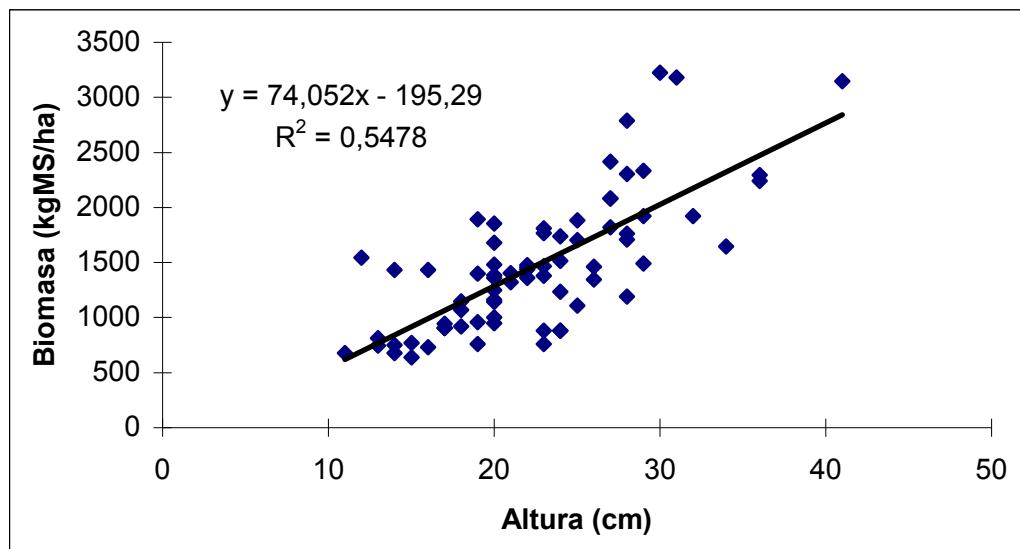
En la tabla 3 se presenta un resumen de las estadísticas de regresión y correlación y en la figura 4 se presenta la curva de regresión de las dos variables, donde se tuvo como variable dependiente a la biomasa del *B. dictyoneura* y la variable independiente fue la altura de la planta. Teniendo en cuenta esta información se puede apreciar un coeficiente de determinación ( $R^2= 0,54$ ) lo cual nos permite afirmar que la producción de materia seca está explicada en un 54% por la altura de la planta para lo cual se generó la ecuación de regresión:

$$y = 74,052x - 195,29$$

|  |                                      |                        |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|  |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|  | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 69 de 91</b> |

**Tabla 3.** Estadísticas de regresión entre producción de biomasa y, altura del pasto *B. dictyoneura* en la Orinoquia Colombiana

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0,74   |
| Coeficiente de determinación $R^2$  | 0,54   |
| $R^2$ ajustado                      | 0,54   |
| Error típico                        | 408,28 |
| Observaciones                       | 72     |



**Figura 4.** Correlación entre biomasa disponible y altura de la planta de *B. dictyoneura*

#### ***B. brizantha* cv. Toledo**

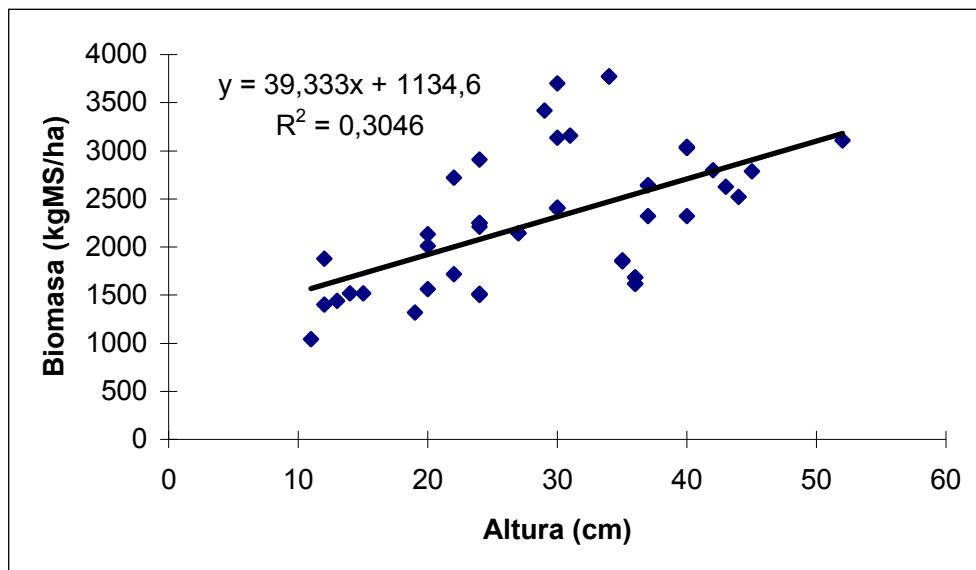
En la tabla 4 se presenta un resumen de las estadísticas de regresión y correlación y en la figura 5 se presenta la curva de regresión de las dos variables, donde se tuvo como variable dependiente a la biomasa del *B. brizantha* y la variable independiente fue la altura de la planta. Teniendo en cuenta esta información se puede apreciar un coeficiente de determinación ( $R^2= 0,30$ ) lo cual nos permite afirmar que la producción de biomasa esta explicada en un 30% por la altura de la planta para lo cual se generó la ecuación de regresión:

$$y = 39,333x + 1134,6$$

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 70 de 91</b> |

**Tabla 4.** Estadísticas de regresión entre producción de biomasa y, altura del pasto *B. brizantha* cv Toledo en la Orinoquia Colombiana

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0,55   |
| Coeficiente de determinación $R^2$  | 0,30   |
| $R^2$ ajustado                      | 0,28   |
| Error típico                        | 599,14 |
| Observaciones                       | 0,5519 |

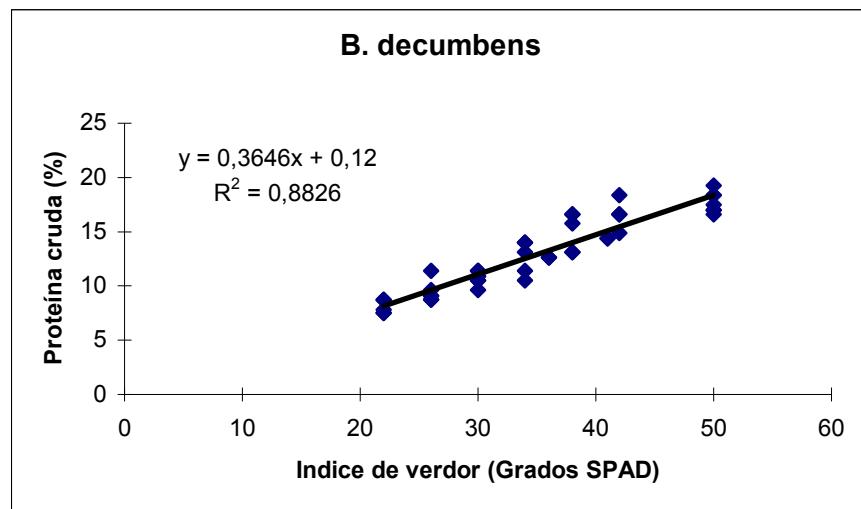


**Figura 5.** Curva de regresión entre biomasa disponible y altura de la planta de pasto Toledo

#### Relación proteína e índice de verdor

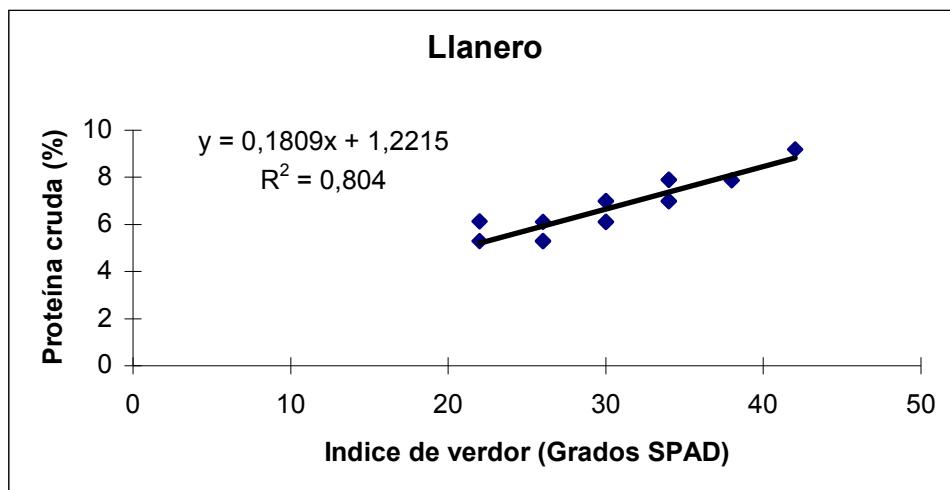
Se relacionó el índice de verdor obtenido con el clorofilómetro Spad 502 con el contenido de proteína cruda de cuatro especies de *Brachiaria*, como medida para estimar la calidad de los pastos en términos de proteína cruda en forma rápida y posteriormente relacionar estos valores con el color de las hojas del pasto.

En *B. decumbens* se pudo evidenciar una correlación alta ( $R= 0,93$ ) entre estas dos variables, con un coeficiente de determinación de  $R^2= 0,88$ , lo cual permite concluir que el contenido de proteína cruda esta explicada en un 88% con el índice de verdor en este pasto (Figura 6).



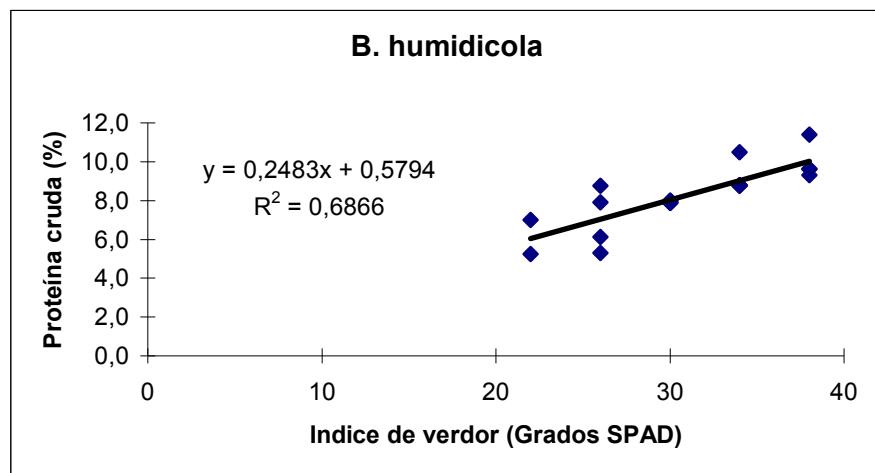
**Figura 6.** Curva de regresión entre la concentración de proteína cruda en hojas y el índice de verdor de *B. decumbens*

En *B. dictyoneura* cv. Llanero se presentó una correlación alta ( $R=0,91$ ) entre estas dos variables, con un coeficiente de determinación de  $R^2= 0,80$ , lo cual permite concluir que el contenido de proteína cruda esta explicada en un 80% con el índice de verdor en este pasto (Figura 7).



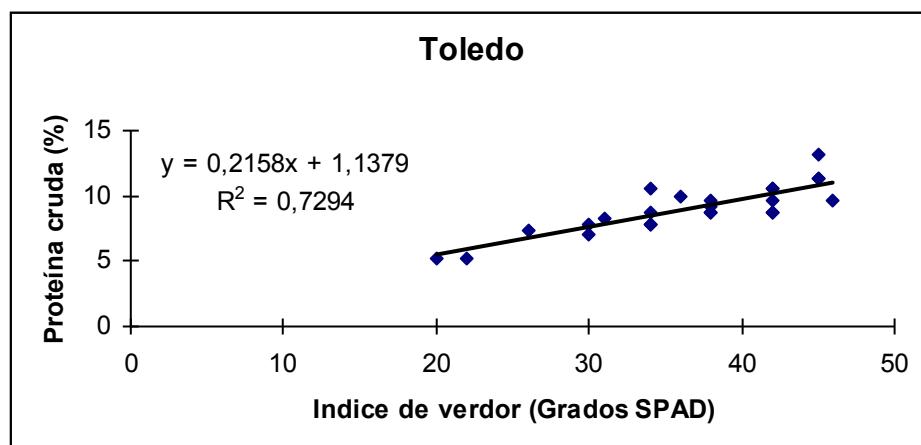
**Figura 7.** Curva de regresión entre la concentración de proteína cruda en hojas y el índice de verdor de *B. dictyoneura* cv Llanero

En *B. humidicola* se presentó una correlación de  $R=0,82$  entre las dos variables, con un coeficiente de determinación de  $R^2= 0.68$ , lo cual permite concluir que el contenido de proteína cruda esta explicada en un 68% con el índice de verdor en este pasto (Figura 8).



**Figura 8.** Curva de regresión entre la concentración de proteína cruda en hojas y el índice de verdor de *B. humidicola*.

En *B. brizantha* cv. Toledo se presentó una correlación alta ( $R= 0,85$ ) entre estos dos variables, con un coeficiente de determinación de  $R^2= 0.73$ , lo cual permite concluir que el contenido de proteína cruda esta explicada en un 73% con el índice de verdor en este pasto (Figura 9).



**Figura 9.** Curva de regresión entre la concentración de proteína cruda en hojas y el índice de verdor de *B. brizantha* cv Toledo

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 73 de 91</b> |

Las diferentes especies de *Brachiaria* presentaron diferente concentración de proteína cruda en los mismos rangos de índice de verdor medidos con el clorofilómetro. El *B. decumbens* fue el pasto con mayor concentración de proteína en todos los rangos de índice de verdor, confirmando su mejor calidad. Mientras que el *B. decumbens* en el menor rango de índice de verdor (22 a 25) presentó un valor de proteína de 8,1, otros pastos como el Toledo, llanero y *B. humidicola* presentaron una concentración de proteína cruda de 5,3, 4,7 y 5,3 respectivamente. En el rango más alto evaluado que fue de 42 a 45 grados Spad, el *B. decumbens* alcanzó una proteína cruda de 15,9%; en tanto, los otros pastos no llegaron a 10%. Otro aspecto importante a tener en cuenta es la diferencia encontrada entre pasto llanero y *B. humidicola* en los mismos rangos de índice de verdor, siendo este último el pasto con mayor concentración de proteína cruda (Tabla 5).

**Tabla 5.** Relación entre proteína cruda en las hojas de *Brachiaria* sp. y el índice de verdor establecidos en rangos de grados Spad. Altillanura plana

| <b>Rango de grados Spad</b> | <b>Proteína cruda (%)</b>  |               |                |                             |
|-----------------------------|----------------------------|---------------|----------------|-----------------------------|
|                             | <b><i>B. decumbens</i></b> | <b>Toledo</b> | <b>Llanero</b> | <b><i>B. Humidicola</i></b> |
| 22 a 25                     | 8,1                        | 5,3           | 4,7            | 5,3                         |
| 26 a 30                     | 9,5                        | 7,4           | 5,7            | 7,0                         |
| 31 a 35                     | 10,7                       | 7,7           | 6,6            | 7,9                         |
| 36 a 37                     | 12,6                       | 8,8           | 7,5            | 9,1                         |
| 38 a 41                     | 15,1                       | 9,3           | 7,9            | 10,0                        |
| 42 a 45                     | 15,9                       | 9,6           | 9,2            |                             |
| Mayor a 45                  | 17,7                       | 12,0          |                |                             |

En la tabla 6 se relacionó en índice de verdor con la proteína cruda y el color de las hojas de *B. decumbens*, constituyéndose en una primera aproximación de una herramienta de utilidad para los productores, pues con base en una tabla de colores se podrá determinar la concentración de proteína cruda en los pastos.

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | Página 74 de 91        |

**Tabla 6.** Relación entre índice de verdor, proteína cruda y color en hojas de *B. decumbens*

| <b>Índice de verdor<br/>(Grados SPAD)</b> | <b>Proteína<br/>Cruda (%)</b> | <b>Color</b>   |
|---|-------------------------------|--|
| 22 a 25                                   | 8.1                           |    |
| 26 a 30                                   | 9.5                           |    |
| 31 a 35                                   | 10.7                          |    |
| 36 a 37                                   | 12.6                          |    |
| 38 a 41                                   | 15.1                          |    |
| 42 a 45                                   | 16.0                          |  |

## Conclusiones

- Los coeficientes de determinación obtenidos, permiten concluir que solamente con el pasto *B. decumbens* se puede establecer una relación de dependencia alta (72%) entre la producción de biomasa y altura de la planta. Los otros pastos presentaron coeficientes de determinación bajos que no permiten afirmar que la disponibilidad de biomasa de los pastos llanero, *B. humidicola* y Toledo, está relacionada con la altura.
- El clorofilómetro SPAD 502 es una buena herramienta para determinar la calidad del pasto en términos de proteína cruda lo cual se puede apreciar por el alto coeficiente de determinación existente entre el índice de verdor y la proteína cruda ( $R^2$  entre 0,68 y 0,88).

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 75 de 91 |

## Capítulo 4

### Socialización, difusión y transferencia de tecnología

#### Introducción

Un aspecto importante de las actividades desarrolladas en el proyecto fue dar a conocer los avances y resultados finales obtenidos durante el periodo de ejecución. Los resultados obtenidos han despertado el interés por parte de los Productores y Asistentes técnicos en la tecnología generada y validada en fincas de Productores, dado el impacto que puede ocasionar en los sistemas de producción ganaderos de la región. Las tecnologías generadas fueron desarrolladas en condiciones reales y en áreas comerciales, por lo tanto ya pueden ser transferidas a los Ganaderos de la Orinoquia Colombiana.

#### Materiales y métodos

Las actividades de transferencia de tecnología en la Altillanura Colombiana, se realizaron en forma conjunta con el Comité de Ganaderos del Meta.

El proceso de transferencia de conocimientos se ejecutó bajo tres aspectos:

- Capacitación tecnológica en la producción de pastos a Ganaderos, para lo cual se realizó un curso de pastos con una duración de cuatro días, donde además de los conocimientos impartidos en la teoría, se realizaron prácticas en el campo, sobre establecimiento y manejo de pastos, recuperación de praderas establecimiento y manejo de sistemas agrosilvopastoriles.
- Giras técnicas y día de campo con productores, estudiantes y asistentes técnicos para mostrar resultados relevantes.
- Publicación de resultados en artículos científicos.

#### Resultados y discusión

En el año 2008 se realizaron 2 giras técnicas con Productores, Investigadores y Profesionales del sector agropecuario en las fincas donde se desarrolló el proyecto para presentar avance de actividades y resultados (Figura 1). También se participó en una gira técnica con Ganaderos de diferentes partes del país, para dar a conocer los trabajos relacionados con los sistemas agrosilvopastoriles que se están desarrollando en la Orinoquia Colombiana. El proyecto se dió a conocer al sector ganadero, en seminarios desarrollados en Villavicencio y Puerto Gaitán organizados como actividades de socialización de los proyectos aprobados por el Ministerio de Agricultura. A nivel Internacional se presentó en un congreso organizado por la FAO, los avances que se han tenido en la integración de la Agricultura y la Ganadería para el desarrollo de una

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <b>Corpoica</b><br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |  | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | <b>Página 76 de 91</b> |

ganadería competitiva en la Altillanura, de igual forma a nivel Nacional, el proyecto fue presentado Al Comité de la Cadena Cárnea Bovina en reunión realizada en el IICA, Bogotá, y a los Investigadores de la Red de Pastos realizada en el C.I. Turipana, Montería. En el año 2009 se participó en la tercera gira Ganadera organizada por el Comité de Ganaderos del Meta y en una gira técnica con productores, mediante la demostración en el campo de las metodologías utilizadas en el proyecto y la presentación de resultados a nivel de finca, de igual forma se participó en el primer curso de pastos dirigido a Productores y Técnicos, en dos reuniones de los Investigadores pertenecientes a la Red de Pastos de CORPOICA, se han presentado las metodologías y resultados que se han obtenido en el proyecto (Tabla 1).



**Figura 1.** Técnicos de diferentes Entidades del sector Agropecuario participantes en la gira técnica del 12 de septiembre de 2008

En el 2010 se participó en tres seminarios dirigidos a Empresarios e Investigadores Internacionales, además se realizó un día de campo organizado con FEDEGAN donde se presentaron los principales resultados de los proyectos financiados por esta Entidad. En el 2011 se participó en el lanzamiento del Programa MAIZ – GANADO, organizado por FENALCE, FEDEGAN Y EL BANCO AGRARIO. Este Programa está basado en gran parte en los resultados obtenidos en este Proyecto. Se realizó el Curso teórico práctico, de pastos dirigido a Ganaderos, Técnicos y Estudiantes, con el fin de capacitarlos en todo lo relacionado con el establecimiento y manejo de praderas, recuperación de praderas y sistemas agrosilvopastoriles. Para mostrar los resultados obtenidos en el tiempo de ejecución del proyecto, se realizó un día de campo.

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 77 de 91 |

**Tabla 1.** Actividades de transferencia de tecnología

| Actividad    | Nombre del evento   | Número de participantes  | Lugar y Fecha                                     |
|--------------|---|--|---|
| Gira Técnica | Actividades de establecimiento de la asociación maíz pastos<br>(CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL META) | 20 Profesores de Unillanos   | E.E. Taluma julio 30 de 2008                      |
| Seminario    | Socialización de proyectos convocatoria 2007<br>(CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL META)                | 60 (Productores, Asistentes Técnicos, Profesores Universitarios, Estudiantes, Investigadores Agropecuarios | Villavicencio Julio 31 de 2008                    |
| Gira técnica | Segunda gira Regional ganadera del Departamento del Meta.<br>(CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL META)   | 300 Ganaderos del Meta y otras partes del País   | C.I. La Libertad, Octubre 3 de 2008               |
| Reunión      | Reunión de la cadena carnina bovina   | 8 integrantes del Comité de la Cadena Cárnia Bovina  | Bogotá IICA, Noviembre 17 de 2008                 |
| Taller       | Capacitación en Metodologías de evaluación  | 39 Investigadores de la Red de Pastos  | C.I. Turipana, Montería Noviembre 18 a 21 de 2008 |
| Congreso     | Décima reunión de la comisión de desarrollo pecuario para América Latina y el Caribe                    | 41 Investigadores de Brasil, Chile, Argentina, Costa Rica Uruguay, Colombia                                | Brasilia; Brasil, septiembre 17 a 19 de 2008      |
| Gira técnica | Avance de resultados en fincas<br>(CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL META)                              | 28 investigadores de Comité de Ganaderos, Secretaría de Agricultura, Unillanos, ICA, CORPOICA.             | Fincas Altillanura Septiembre 12 de 2008          |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 78 de 91 |

|                          |  |   |  |
|--------------------------|--|---|--|
| Seminario                | Foro Altillanura Colombiana, Potencial productivo y energético del país  | 300 Productores, Asistentes Técnicos, Dirigentes, Estudiantes, Investigadores | Puerto Gaitán<br>Diciembre 6 de 2008               |
| Gira Ganadera            | Tercera gira Regional ganadera del Departamento del Meta<br><br>(CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL META)   | 350 Ganaderos del Meta y otras partes del País                                | E.E. Taluma, Junio 20 de 2009                      |
| Curso                    | Presentación de metodologías y resultados del proyecto en el curso de pastos.  | 65 Ganaderos, Técnicos y Estudiantes de la Orinoquia Colombiana               | Agosto 19 a 24 de 2009                             |
| Gira técnica             | Avance de resultados en fincas<br><br>(CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL META)   | 65 Ganaderos y Técnicos del Departamento del Meta                             | E.E. Taluma, Diciembre 12 de 2009                  |
| Seminario                | Avances de investigación en sistemas agrosilvopastoriles.  | Junta Directiva de Aceites Manuelita  | C.I. La Libertad<br>Febrero 10 de 2010             |
| Seminario                | Avances en reciclaje de P en sistemas agropastoriles y agroforestales.   | Investigadores Instituto de Nutrición de Plantas, Zurich Suiza, CAT           | C.I. La Libertad<br>Junio 23 de 2010               |
| Seminario y día de campo | Avances de la tecnología desarrollada con la financiación de FEDEGAN en la Orinoquia colombiana. (CORPOICA FEDEGAN)  | 80 Productores y Profesionales del sector agrícola y pecuario                 | C.I. La Libertad<br>Junio 25 de 2010               |
| Seminario                | Lanzamiento del plan maíz – Ganado: Resultados de investigación en sistemas agrosilvopastoriles en fincas de la Altillanura(CORPOICA, FEDEGAN, FENLACE, BANCO AGRARIO) | 70 Productores y Técnicos   | Cámara de Comercio del Meta. Septiembre 22 de 2011 |
| Curso                    | Establecimiento y manejo de pastos en suelos ácidos (CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL   | 80 Ganaderos, Técnicos, Estudiantes.  | C.I. La Libertad<br>Septiembre 27 al               |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 79 de 91 |

|              |  |
|--------------|--|
| META)        | 30 de 2011   |
| Día de campo | Producción de carne bovina en sistemas agrosilvopastoriles, cuatro años después de su establecimiento. |
|              | 80 Ganaderos, Técnicos, Estudiantes. Finca Andremoni Noviembre 18 de 2011                              |

(CORPOICA, COMITÉ DE GANADEROS DEL META)

### Conclusiones generales

- El establecimiento o recuperación de praderas con el cultivo de maíz contribuye al aumento de la productividad de los sistemas ganaderos en fincas de la Orinoquia colombiana. Después de tres años de manejo de las praderas bajo pastoreo, el pasto Toledo sostuvo una carga promedia de 3 an/ha y una productividad de carne de 575 kg/ha/año en tanto en el pasto Mulato II la carga fue de 2,1 an/ha y la productividad de carne de 407 kg/ha/año. Estos rendimientos representan un avance importante en la ganadería de la región si se tiene en cuenta que la capacidad de carga en pasturas mejoradas ha estado en un promedio de 1,2 an/ha y la productividad de carne ha sido en promedio de 200 kg/ha/año.
- El ensilaje de maíz y soya se constituye en una solución viable para la alimentación de bovinos en la época seca. Su utilización garantiza una ganancia de peso en esta época cuando los animales tradicionalmente han perdido peso, por la calidad del ensilaje en términos de proteína cruda aportada por la soya, la cual se ha mejorado entre un 12 y 13%, con respecto a la proteína del ensilaje de maíz que es de 7%. Este suplemento forrajero cuyo costo de producción es de \$146/kilo, contribuirá al desarrollo de una ganadería mas rentable.
- La siembra simultanea de maíz con pastos, mejora la fertilidad de los suelos por las enmiendas e insumos aplicados al maíz; sin embargo, la concentración de nutrientes en el suelo disminuye con el paso del tiempo, afectando la disponibilidad de forraje y la productividad animal a lo cual puede contribuir también la compactación de los suelos. Por consiguiente, es indispensable después de tres años de realizada la siembra de la asociación maíz pastos sembrar nuevamente el cultivo o hacer labranza profunda y aplicar fertilización, de lo contrario el problema de degradación de praderas se incrementará.

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                            | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |  | VERSIÓN 0       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | Página 80 de 91 |

- En La Orinoquia colombiana es posible el desarrollo de una ganadería mas competitiva mediante la integración con la agricultura, que contribuirá al mejoramiento de los parámetros productivos y reproductivos del ganado, lo cual permitirá obtener animales jóvenes para el sacrificio con beneficio a los consumidores por la oferta de un producto de mejor calidad.

### Recomendaciones

- En la financiación de proyectos de ganadería, fue un avance muy importante hacerlo a un término de cuatro años, por el tiempo necesario para obtener resultados confiables en productividad animal; sin embargo, la falta de financiación durante el tercer año del desarrollo del proyecto, afectó notablemente los resultados esperados. Con base en lo anterior se deben crear los mecanismos que garanticen una financiación continua de estos proyectos para facilitar su ejecución, lo cual puede influir sobre la presentación de mayores y mejores resultados a los ganaderos.
- Los resultados del proyecto obtenidos en fincas de productores quienes contribuyeron a su financiación, demostraron el beneficio de las tecnologías generadas, las cuales deberán ser replicadas en varias fincas mediante programas de adopción y transferencia de tecnología respaldada con asistentes técnicos capacitados en el tema y mecanismos de financiación viables para la adquisición de maquinaria identificada como una de las limitantes mas importantes para lograr su adopción por parte de los productores.

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 81 de 91 |

## RESULTADOS ESPERADOS, RESULTADOS OBTENIDOS E INDICADORES

| Resultado esperado  | Resultado obtenido  | Indicador verificable  |
|---|---|--|
| Generación de un sistema para establecimiento y manejo de praderas con maíz y árboles   | Praderas establecidas con el cultivo de maíz, en cuatro fincas de la Altillanura plana y establecimiento de árboles en franjas dentro de las praderas establecidas.   | 96 ha establecidas (24 ha en cada finca) con el sistema maíz – pastos.<br>Producción de grano de maíz entre 4 y 5,5 t/ha. Producción de ensilaje de maíz entre 25 y 40 t/ha<br>Producción de forraje de pasto establecido con maíz mayor a 15tMS/ha/año.   |
| Incremento en la productividad en novillos de ceba, mediante el suministro de forrajes de mejor calidad.                      | Productividad de carne animal superior en un 50% con respecto a la obtenida tradicionalmente en pasturas introducidas en la Altillanura plana   | Entre 60 y 70 novillos cebados encada finca. Ganancia de peso diario entre 600 y 700 gr/an/día. Carga animal de entre 2 y 3 an/ha. Productividad animal entre 400 y 575 kg/ha/año  |
| Generación de Sistemas de suplementación para mejorar la producción de carne bovina durante la época seca en la Altillanura.  | Suplemento forrajero elaborado con 50% del área de maíz y 50% del área con soya forrajera, el cual es cosechado a los 80 días en forma simultanea, para la alimentación de bovinos en época seca  | Producción de 25 a 30 t/ha de ensilaje de buena calidad de maíz y soya con un contenido de proteína cruda entre 12 y 13%.<br>Ganancias de peso entre 600 y 700 gr/an/día en novillos y novillas durante la época seca, con base en la suplementación con ensilajes de maíz y soya forrajera.<br>10 ha de maíz y 10 ha de soya sembradas semestralmente en la finca La Gloria y entre 500 y 600 toneladas de ensilaje obtenidas para la suplementación de todo el hato durante todo el año. |
| Desarrollo de las ecuaciones de regresión que relacionan productividad con M.S/ha y valores colorimétricos con proteína cruda | Ecuaciones de regresión entre las variables de altura y producción de forraje de los pastos <i>B. decumbens</i> , <i>B. dictyoneura</i> , <i>B. humidicola</i> y <i>B. brizantha</i> . Ecuaciones de regresión entre las variables de proteína cruda e índice de verdor de los pastos <i>B.</i> | Archivos en Excel con la información obtenida y análisis de los datos.<br>Informes semestrales<br>Libro de campo   |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 82 de 91 |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <i>decumbens, B. dictyoneura, B. humidicola y B. brizantha.</i>                                 |   |
| Capacitación sobre las tecnologías de establecimiento y manejo de pastos y de sistemas agrosilvopastoriles. | Un curso de pastos<br>Dos días de campo<br>Cinco giras técnicas<br>Siete seminarios<br>Congreso | 80 productores capacitados<br>160 asistentes<br>763 participantes<br>500 asistentes<br>41 asistentes  |
| Divulgación de los resultados obtenidos   | Publicación de los resultados obtenidos en revistas indexadas.                                  | 1 artículo científico sobre intensidades de defoliación de los pastos <i>B. decumbens, B. dictyoneura, B. humidicola y B. brizantha.</i><br>1 artículo científico sobre tasas de crecimiento de los pastos <i>B. decumbens, B. dictyoneura, B. humidicola y B. brizantha.</i><br>1 artículo científico sobre relación entre proteína cruda e índice de veredor. |
|   |   |   |

## PRODUCTOS Y/O PROCESOS GENERADOS E IMPACTOS

| Tipo de Producto y/o Proceso                   | Nombre del Producto y/o Proceso                                 | Descripción  | Impacto Esperado  | Plazo (años) después de finalizado el proyecto   | Indicador verificable   |
|--|---|--|---|--|---|
| Recomendaciones técnicas y prácticas de manejo | Establecimiento y renovación de praderas con el cultivo de maíz | A partir de sabanas nativas o praderas degradadas se realiza labranza profunda, se aplican las enmiendas y fertilización de acuerdo al análisis suelos, se siembra en forma simultánea los pastos y el maíz y a los 120 días se cosecha maíz grano o a los 80 días se cosecha forraje para ensilaje. A | Con la implementación del sistema asociado de maíz y pastos para establecer o renovar praderas, el productor tiene la opción de mejorar la productividad ganadera por la disponibilidad de forraje de mejor calidad y de mayor producción lo cual permitirá triplicar la capacidad de carga. Con esta tecnología se pueden recuperar más de 1 millón de hectáreas que están | La tecnología generada está disponible para que los productores la empiecen a utilizar inmediatamente. | Aumento de producción de forraje de 800 a 1700 kgMS/ha.<br>Aumento de la capacidad de carga de 0,8 a 3 an/ha<br>Aumento de la productividad de carne de 200 a 500 kg/ha/año |

|  |  |  |   |  |   |
|--|--|--|---|--|---|
|  |  | los dos meses se inicia el pastoreo.   | degradadas en la Orinoquia colombiana.  |  |   |
| Recomendaciones técnicas y prácticas de manejo | Utilización de los cultivos de maíz y soya como forraje ensilado para alimentación de bovinos en época seca. | Se establecen los cultivos de maíz y soya forrajera en forma simultánea en lotes separados con áreas similares. Entre los 75 y 80 días de edad de los cultivos, se realiza la cosecha simultáneamente obteniendo un ensilaje mezclado de gramínea y leguminosa de buena calidad nutritiva. | Se evitarán las pérdidas económicas que tradicionalmente ha tenido la ganadería en la Orinoquia colombiana, durante la época seca, de esta forma se mejorarán los parámetros productivos y reproductivos de los bovinos para beneficio de los productores y consumidores. | Esta tecnología validada en fincas de la Altillanura ya puede ser aplicada inmediatamente. | Producción entre 25 y 35 t/ha de ensilaje de maíz y soya con una proteína entre 12 y 13%. Ganancia de peso de bovinos entre 600 y 700 g/an/día durante la época seca. |

**Nota: Para la identificación de Productos y/o Procesos se debe tener en cuenta la clasificación correspondiente**

#### **Clasificación de los Productos y/o Procesos Generados**

- Bioproductos (biofertilizantes, bioplaguicidas y bioreactivos)
- Estudios y Caracterizaciones
- Construcciones, equipos, herramientas, instrumentos de medición u otros implementos
- Metodologías o Procesos (procesos agroindustriales; métodos de investigación y de transferencia; protocolos de laboratorio)
- Modelos biofísicos, económicos, bioeconómicos, etc.
- Recomendaciones técnicas y prácticas de manejo
- Nuevos materiales genéticos (variedades, clones, razas, híbridos, demás)
- Sistemas de información, cartografía, bases de datos, etc.
- Vacunas
- Colecciones biológicas
- Apoyo en gestión empresarial a organizaciones de productores
- Tecnologías escaladas (biofábricas, semillas)
- Productos agroindustriales transformados
- Sistemas expertos para la producción (Software)

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                     | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |  | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO<br/>FINAL</b> | <b>Página 84 de 91</b> |

### Bibliografía

Argel, P., Hidalgo, C. y Lobo Di Palma. M. 2000. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) Gramínea de crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. Consorcio tropileche, Costa Rica. Boletín técnico, San José de Costa Rica. 15p.

Caires, N.O.S., Guedes de Carvalho, J., Dias, M.F.A., Pereira, T.R., Pinho, P.J. 2005. Uso do SPAD 502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoneira herbáceo. Pesq. Agropec. 40(5):71-87.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Oxisoles y ultisoles de América Tropical. Distribución, importancia y propiedades físicas; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Salinas J. G. Valencia, C. A. Cali, Colombia. 56p.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), 2003. Informe anual de actividades, investigación Agrícola del año 2003 C.I. La Libertad, Villavicencio Meta.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), 2002. Informe anual de actividades, investigación pecuaria del año 2002 C.I. La Libertad, Villavicencio Meta.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), 2004. Informe Anual de Actividades. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria. Reg. Ocho. C.I. La Libertad.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), 2001. Informe anual de actividades, investigación pecuaria del año 2001 C.I. La Libertad, Villavicencio Meta.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria),, 1999. Informe semestral de actividades, 1999B. Investigación regional pecuaria. C.I. La Libertad.

Kluthcouski, J., Stone, L.F y Aidar H. 2003. Integração Lavoura – Pecuária. EMBRAPA, Arroz e Feijão. San Antonio de Goias, Brasil. 570p.

Lascano, C., Pérez, R., Plazas, C., Medrano, J., Pérez, O y Argel, P.J. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería Colombiana. CIAT, CORPOICA, MINAGRICULTURA. Villavicencio, Colombia. 18p.

McDowell, L. R.; Conrad, J.H.; Ellis, G.L. y Loosli J.K. 1994. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de ciencia animal Centro de Agricultura

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 85 de 91 |

Tropical Universidad de Florida, Gainesville y Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional. 92p.

Macedo, M. C. 2004. Analise comparativa de recomendações de adubação em pastagens. Em: Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Anais do 21º simpósio sobre manejo das pastagens. Ed. C.G. Silveira Pedreira, J.C. de Moura y V.P. de Faria. FEALQ, Piracicaba, Brasil. pp. 317-355.

Miles, J.W. y do Valle, C.B. 1998. Manipulación de la apomixis en el mejoramiento de *Brachiaria*. En: *Brachiaria*: biología, agronomía y mejoramiento. Ed. J.W. Miles, B.L. Maass y C.B. do Valle. CIAT, CNPGC/EMBRAPA. Calí, Colombia; Campo Grande Brasil. pp. 181 – 195.

Pantaleón, L.M y Ocon, P.P. 2008. Utilización el clorofilómetro SPAD 502 para diagnosticar la deficiencia de nitrógeno en sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) bajo distintas dosis de nitrógeno. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo Generalista. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua Nicaragua. 55 p.

Pinzón, A. y Amezquita, E. 1987. Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el Piedemonte amazónico de Colombia. Praderas tropicales, 12(1). Cali, Colombia. pp.21-26.

Potash and Phosphate Institute, 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Norcross, G.A. U.S.A. 146p.

Proctrópicos, 1993. Regeneración y manejo sostenible de los suelos degradados de las sabanas: una estrategia para la preservación del medio ambiente. Perfil del proyecto. 63p.

Rincón, A. 2007. Asociación maíz pastos para establecimiento y renovación de praderas en los llanos orientales. Boletín de investigación No. 09. CORPOICA, COLCIENCIAS. Villavicencio. 71p.

Rincón, A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los llanos orientales de Colombia. Boletín técnico No. 49. CORPOICA, Gobernación del Meta Villavicencio. 78p.

Rincón, A. 1999. Degradación y recuperación de praderas en los Llanos orientales de Colombia. Boletín técnico No. 19. CORPOICA-PRONATTA, Villavicencio, Meta. 48p.

Sierra, D.M. 2006. Megaproyecto en la Altillanura. Agricultura de las Américas. Edición N°358: 35 – 45

**Anexos**

**Anexo 1.** Ganancia diaria de peso (g) en novillos bajo pastoreo en praderas de Toledo y Mulato II establecidas con el cultivo de maíz en fincas de la Altillanura plana

| Finca     | Pasto     | Año 1   |      | Año 2   |      | Año 3   |      |
|-----------|-----------|---------|------|---------|------|---------|------|
|           |           | Lluvias | Seca | Lluvias | Seca | Lluvias | Seca |
| Mata mata | Toledo    | 750     | 310  | 620     | 279  | 550     | 250  |
|           | Mulato II | 810     | 270  | 600     | 256  | 500     | 239  |
| Andremoni | Toledo    | 947     | 350  | 850     | 300  | 760     | 270  |
|           | Mulato II | 724     | 360  | 780     | 280  | 750     | 220  |
| Taluma    | Toledo    | 790     | 327  | 700     | 289  | 650     | 210  |
|           | Mulato II | 760     | 223  | 680     | 248  | 600     | 205  |
| Pradera   | Toledo    | 630     | 280  | 550     | 250  | 500     | 220  |
|           | Mulato II | 720     | 305  | 520     | 240  | 470     | 210  |

**Anexo 2.** Carga animal (an/ha) en praderas de Toledo y Mulato II establecidas con el cultivo de maíz en fincas de la Altillanura plana

| Finca     | Pasto     | Año 1   |      | Año 2   |      | Año 3   |      |
|-----------|-----------|---------|------|---------|------|---------|------|
|           |           | Lluvias | Seca | Lluvias | Seca | Lluvias | Seca |
| Mata mata | Toledo    | 3,5     | 1,00 | 3,2     | 0,90 | 2,5     | 0,90 |
|           | Mulato II | 3,0     | 1,00 | 2,5     | 1,00 | 2,0     | 1,00 |
| Andremoni | Toledo    | 3,0     | 1,10 | 3,0     | 0,90 | 2,8     | 1,00 |
|           | Mulato II | 2,4     | 1,20 | 2,2     | 1,00 | 2,0     | 0,80 |
| Taluma    | Toledo    | 2,8     | 0,70 | 2,7     | 0,70 | 2,5     | 0,80 |
|           | Mulato II | 2,0     | 1,00 | 1,8     | 0,80 | 1,7     | 0,90 |
| Pradera   | Toledo    | 3,5     | 0,90 | 3,0     | 0,70 | 2,8     | 0,70 |
|           | Mulato II | 2,5     | 0,80 | 2,0     | 0,60 | 1,5     | 0,80 |

|   |                                      |                        |
|---|--------------------------------------|------------------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | <b>INVESTIGACIÓN</b>                 | <b>CÓDIGO: IN-F-06</b> |
|   |                                      | <b>VERSIÓN 0</b>       |
|   | <b>FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL</b> | <b>Página 87 de 91</b> |

**Anexo 3.** Altura (cm) de los árboles establecidos en franjas en potreros. Fincas de la Altiplanura plana

| <b>Taluma</b>            | <b>Mes</b> |          |          |           |           |           |           |
|--------------------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                          | <b>2</b>   | <b>6</b> | <b>9</b> | <b>12</b> | <b>18</b> | <b>24</b> | <b>30</b> |
| <i>Eucalipto pellita</i> | 42,3       | 94,8     | 170,5    | 220       | 280       | 350       | 420       |
| <i>Acacia mangium</i>    | 50,5       | 121,9    | 213,4    | 250       | 310       | 4         | 500       |
| <i>Gmelina arborea</i>   | 61,3       | 105,2    | 193,2    | 230       | 270       | 300       | 350       |
| <b>Andremoni</b>         |            |          |          |           |           |           |           |
| <i>Eucalipto pellita</i> | 46,3       | 98,9     | 189,2    | 250,2     | 305,3     | 372,4     |           |
| <i>Acacia mangium</i>    | 55,7       | 130      | 205,4    | 260,3     | 315,3     | 430,4     |           |
| <i>Gmelina arborea</i>   | 65,9       | 110      | 191,2    | 232,5     | 280,4     | 310,2     |           |
| <b>Mata mata</b>         |            |          |          |           |           |           |           |
| <i>Eucalipto pellita</i> | 57,2       | 87,5     | 175,4    | 237,9     | 290,3     | 369,6     | 449,5     |
| <i>Acacia mangium</i>    | 72,8       | 101,2    | 189,3    | 250,4     | 320,3     | 450,4     | 540,4     |
| <i>Gmelina arborea</i>   | 90,2       | 130,3    | 198,2    | 240,2     | 283,4     | 320,4     | 385,6     |
| <b>Pradera</b>           |            |          |          |           |           |           |           |
| <i>Eucalipto pellita</i> | 69,3       | 130,3    | 204,5    | 260,4     | 310,3     | 370,7     | 430,9     |
| <i>Acacia mangium</i>    | 87,5       | 141,2    | 230,2    | 279,4     | 350,4     | 450,1     | 520,4     |
| <i>Gmelina arborea</i>   | 102,3      | 138,4    | 190,3    | 238,4     | 279,5     | 315,4     | 383,2     |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 88 de 91 |

**Anexo 4. Ganancia de peso de animales suplementados con ensilaje en la finca La Gloria**

| Animal          | Peso inicial<br>(kg/an) | Peso final<br>(kg/an) | Ganancia<br>(kg/an/60 días) | Ganancia<br>diaria (g/an) |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1               | 352                     | 382,9                 | 30,9                        | 0,515                     |
| 2               | 284                     | 334,9                 | 50,9                        | 0,848                     |
| 3               | 315                     | 382,3                 | 67,3                        | 1,121                     |
| 4               | 391                     | 392,8                 | 1,8                         | 0,030                     |
| 5               | 328                     | 408,0                 | 80,0                        | 1,333                     |
| 6               | 376                     | 374,2                 | -1,8                        | -0,030                    |
| 7               | 367                     | 410,6                 | 43,6                        | 0,727                     |
| 8               | 288                     | 355,3                 | 67,3                        | 1,121                     |
| 9               | 372                     | 404,7                 | 32,7                        | 0,545                     |
| 10              | 348                     | 428,0                 | 80,0                        | 1,333                     |
| 11              | 331                     | 327,4                 | -3,6                        | -0,061                    |
| 12              | 274                     | 324,9                 | 50,9                        | 0,848                     |
| 13              | 390                     | 395,5                 | 5,5                         | 0,091                     |
| 14              | 364                     | 396,7                 | 32,7                        | 0,545                     |
| 15              | 350                     | 371,8                 | 21,8                        | 0,364                     |
| 16              | 310                     | 360,9                 | 50,9                        | 0,848                     |
| 17              | 337                     | 453,4                 | 116,4                       | 1,939                     |
| 18              | 370                     | 379,1                 | 9,1                         | 0,152                     |
| 19              | 342                     | 425,6                 | 83,6                        | 1,394                     |
| 20              | 330                     | 402,7                 | 72,7                        | 1,212                     |
| 21              | 380                     | 381,8                 | 1,8                         | 0,030                     |
| 22              | 296                     | 385,1                 | 89,1                        | 1,485                     |
| 23              | 391                     | 385,5                 | -5,5                        | -0,091                    |
| 24              | 300                     | 370,9                 | 70,9                        | 1,182                     |
| 25              | 399                     | 413,5                 | 14,5                        | 0,242                     |
| <b>total</b>    | <b>8585</b>             | <b>9648,6</b>         | <b>1063,6</b>               | <b>17,727</b>             |
| <b>promedio</b> | <b>343,4</b>            | <b>385,9</b>          | <b>42,5</b>                 | <b>0,709</b>              |

**Anexo 5. Ganancia de peso de animales en pastoreo sin suplemento en la finca La Gloria**

| <b>Animal</b>   | <b>Peso inicial<br/>(kg/an)</b> | <b>Peso final<br/>(kg/an)</b> | <b>Ganancia<br/>(kg/an/60 días)</b> | <b>Ganancia<br/>diaria (g/an)</b> |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1               | 320                             | 310                           | -10                                 | -0,167                            |
| 2               | 270                             | 250                           | -20                                 | -0,333                            |
| 3               | 290                             | 266                           | -24                                 | -0,400                            |
| 4               | 315                             | 300                           | -15                                 | -0,250                            |
| 5               | 310                             | 280                           | -30                                 | -0,500                            |
| 6               | 315                             | 307                           | -8                                  | -0,133                            |
| 7               | 320                             | 308                           | -12                                 | -0,200                            |
| 8               | 290                             | 280                           | -10                                 | -0,167                            |
| 9               | 312                             | 292                           | -20                                 | -0,333                            |
| 10              | 278                             | 273                           | -5                                  | -0,083                            |
| 11              | 261                             | 252                           | -9                                  | -0,150                            |
| 12              | 324                             | 310                           | -14                                 | -0,233                            |
| 13              | 310                             | 295                           | -15                                 | -0,250                            |
| 14              | 320                             | 298                           | -22                                 | -0,367                            |
| 15              | 290                             | 264                           | -26                                 | -0,433                            |
| 16              | 325                             | 319                           | -6                                  | -0,100                            |
| 17              | 309                             | 300                           | -9                                  | -0,150                            |
| 18              | 289                             | 277                           | -12                                 | -0,200                            |
| 19              | 312                             | 302                           | -10                                 | -0,167                            |
| 20              | 310                             | 304                           | -6                                  | -0,100                            |
| 21              | 290                             | 282                           | -8                                  | -0,133                            |
| 22              | 296                             | 282                           | -14                                 | -0,233                            |
| 23              | 334                             | 300                           | -34                                 | -0,567                            |
| 24              | 310                             | 287                           | -23                                 | -0,383                            |
| 25              | 340                             | 324                           | -16                                 | -0,267                            |
| <b>total</b>    | <b>7640</b>                     | <b>7262</b>                   | <b>-378</b>                         | <b>-6,300</b>                     |
| <b>promedio</b> | <b>305,6</b>                    | <b>290,48</b>                 | <b>-15,12</b>                       | <b>-0,252</b>                     |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 90 de 91 |

**Anexo 6.** Ganancia de peso de animales suplementados con ensilaje en la finca La Piedad

| Animal          | Peso inicial<br>(kg/an) | Peso final<br>(kg/an) | Ganancia<br>(kg/an/60 días) | Ganancia diaria<br>(g/an) |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1               | 144                     | 198,5                 | 54,5                        | 0,909                     |
| 2               | 143                     | 156,6                 | 13,6                        | 0,227                     |
| 3               | 201                     | 214,6                 | 13,6                        | 0,227                     |
| 4               | 177                     | 204,3                 | 27,3                        | 0,455                     |
| 5               | 159                     | 172,6                 | 13,6                        | 0,227                     |
| 6               | 173                     | 230,3                 | 57,3                        | 0,955                     |
| 7               | 197                     | 232,5                 | 35,5                        | 0,591                     |
| 8               | 171                     | 201,0                 | 30,0                        | 0,500                     |
| 9               | 168                     | 228,0                 | 60,0                        | 1,000                     |
| 10              | 175                     | 218,6                 | 43,6                        | 0,727                     |
| 11              | 230                     | 262,7                 | 32,7                        | 0,545                     |
| 12              | 262                     | 313,8                 | 51,8                        | 0,864                     |
| 13              | 363                     | 409,4                 | 46,4                        | 0,773                     |
| 14              | 167                     | 199,7                 | 32,7                        | 0,545                     |
| 15              | 220                     | 260,9                 | 40,9                        | 0,682                     |
| 16              | 198                     | 225,3                 | 27,3                        | 0,455                     |
| 17              | 160                     | 173,6                 | 13,6                        | 0,227                     |
| 18              | 210                     | 264,5                 | 54,5                        | 0,909                     |
| 19              | 250                     | 290,9                 | 40,9                        | 0,682                     |
| 20              | 180                     | 240,0                 | 60,0                        | 1,000                     |
| <b>total</b>    | 3948                    | 4698                  | 750,0                       | 12,500                    |
| <b>promedio</b> | 197,4                   | 234,9                 | 37,5                        | 0,625                     |

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <br>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria | INVESTIGACIÓN                 | CÓDIGO: IN-F-06 |
|   |                               | VERSIÓN 0       |
|   | FORMATO INFORME TÉCNICO FINAL | Página 91 de 91 |

**Anexo 7. Ganancia de peso de animales en pastoreo sin suplemento en la finca La Piedad**

| Animal          | Peso inicial<br>(kg/an) | Peso final<br>(kg/an) | Ganancia<br>(kg/an/60 días) | Ganancia diaria<br>(g/an) |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1               | 160                     | 137                   | -23,0                       | -0,383                    |
| 2               | 233                     | 217                   | -16,0                       | -0,267                    |
| 3               | 215                     | 193                   | -22,0                       | -0,367                    |
| 4               | 230                     | 223                   | -7,0                        | -0,117                    |
| 5               | 180                     | 162                   | -18,0                       | -0,300                    |
| 6               | 206                     | 184                   | -22,0                       | -0,367                    |
| 7               | 189                     | 175                   | -14,0                       | -0,233                    |
| 8               | 220                     | 202                   | -18,0                       | -0,300                    |
| 9               | 190                     | 164                   | -26,0                       | -0,433                    |
| 10              | 187                     | 163                   | -24,0                       | -0,400                    |
| 11              | 220                     | 202                   | -18,0                       | -0,300                    |
| 12              | 245                     | 225                   | -20,0                       | -0,333                    |
| 13              | 234                     | 222                   | -12,0                       | -0,200                    |
| 14              | 190                     | 174                   | -16,0                       | -0,267                    |
| 15              | 190                     | 175                   | -15,0                       | -0,250                    |
| 16              | 220                     | 214                   | -6,0                        | -0,100                    |
| 17              | 250                     | 243                   | -7,0                        | -0,117                    |
| 18              | 270                     | 258                   | -12,0                       | -0,200                    |
| 19              | 210                     | 197                   | -13,0                       | -0,217                    |
| 20              | 228                     | 205                   | -23,0                       | -0,383                    |
| <b>total</b>    | <b>4267</b>             | <b>3935</b>           | <b>-332,0</b>               | <b>-5,533</b>             |
| <b>promedio</b> | <b>213,35</b>           | <b>196,75</b>         | <b>-16,6</b>                | <b>-0,277</b>             |