



RECUPERACIÓN DE SUELOS Y RENOVACIÓN DE PRADERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE ESPECIALIZADA DE TRÓPICO ALTO





MinAgricultura
Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural



**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



RECUPERACIÓN DE SUELOS Y RENOVACIÓN DE PRADERAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE ESPECIALIZADA DE TRÓPICO ALTO

Autores

¹Leonardo Sánchez M., ²Carlos E. Londoño V.

³Juan Carlos Benavides, ⁴Javier Castillo S.

⁵Daniel Ricardo Torres

-
- 1 M.V.Z. Ph.D. Corpoica C.I. Tibaitatá. Isanchez@corpoica.org.co
 - 2 Zootecnista. Candidato Ph.D. Corpoica C.I. Tibaitatá. caenlove15@yahoo.es
 - 3 Zootecnista. Candidato M.Sc. Corpoica C.I. Tibaitatá. jbenavidez@corpoica.org.co
 - 4 Ingeniero en Agroecología. Profesional Investigador. Corpoica C.I. Tibaitatá. agrojaviercs@gmail.com
 - 5 Ingeniero en Agroecología. Profesional Investigador. Corpoica C.I. Tibaitatá. danielricardotorres@yahoo.es

Sánchez M., Leonardo; Londoño V., Carlos Enrique; Benavides C., Juan Carlos; Castillo S., Javier; Torres C., Daniel Ricardo / Recuperación de suelos y renovación de praderas en sistemas de producción de leche especializada de trópico alto. Bogotá (Colombia): CORPOICA, 2013. 56 p.

Palabras clave: GANADERÍA, PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS SUELO, DEGRADACIÓN DEL SUELO, PRADERAS, FORRAJES, LECHE, COSTOS DE PRODUCCIÓN.



MinAgricultura
Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural



PROSPERIDAD
PARA TODOS



Agradecimientos:

Cooperativa Integral Agroganadera de Boyacá (Cobinaga)

Asociación de Ganaderos del Altiplano Cundiboyacense y
Occidente de Boyacá (Asogaboy)

Lucía Corredor, gerente de Cobinaga

Ernesto González, directivo de Asogaboy - Fedegan

Joaquín Silva. Finca San Gregorio (Saboyá)

Robinson Cuítiva, zootecnista

Danny Pineda, zootecnista.

Orlando Albarracín, auxiliar técnico de Corpoica



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA
C.I. Tibaitatá

ISBN: 978-958-740-131-8
CUI: 1415
CA: 0692011(TT)
Primera edición: Febrero de 2013
Tiraje: 1000 ejemplares

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.corpoica.org.co

Diseño: annhite

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1. Conceptos generales sobre suelos y praderas	7
<i>1.1. Propiedades físicas del suelo</i>	8
<i>1.2. Análisis físico del suelo</i>	9
<i>1.3. Análisis químico del suelo</i>	11
<i>1.4. Muestreo de suelos</i>	12
<i>1.5. Degradación y recuperación de suelos y praderas</i>	13
<i>1.6. Praderas</i>	14
2. Metodología	21
<i>2.1. Proceso de renovación</i>	22
3. Resultados	25
<i>3.1. Análisis químico de suelos</i>	25
<i>3.2. Análisis físico de suelos</i>	26
<i>3.3. Comportamiento productivo de las praderas renovadas y de la testigo</i>	28
<i>3.4. Calidad nutricional de los forrajes</i>	34
<i>3.5. Costos del proceso de renovación</i>	37
<i>3.6. Costos de producción del forraje</i>	39
<i>3.7. Otros indicadores de manejo</i>	42
<i>3.8. Calidad láctea</i>	45
4. Referencias bibliográficas	46
ANEXOS	49



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina nacional deben asumir retos importantes de productividad y sostenibilidad para enfrentar los compromisos que generan los recientes tratados de libre comercio con diferentes países del mundo. Se hace necesario revisar los procesos involucrados en los sistemas de producción de leche, para obtener productos competitivos desde el punto de vista de precio y calidad composicional y bacteriológica, sin detrimento de los recursos suelo, agua y ambiente, asegurando así la productividad y sostenibilidad de las explotaciones y, en consecuencia, la calidad de vida de los productores (Lau *et al.*, 2011).

El buen uso del suelo, desde el punto de vista químico, físico y biológico, es de gran interés en ganaderías del mundo, especialmente en Nueva Zelanda y Australia, por las ventajas resultantes en competitividad, determinadas por los bajos costos de la producción del recurso forrajero. Estos países tienen como base de alimentación los sistemas intensivos de rotación de praderas, con tecnologías exitosamente transferidas a los productores.

Por otra parte, las constantes variaciones climáticas y la variabilidad en el manejo de praderas, incluyendo la carga animal, tienen como consecuencia el deterioro acelerado de praderas y la correspondiente degradación del suelo, problemas que se asocian con la pérdida de estructura del suelo, la reducción del área para la toma de nutrientes, el anclaje de las especies vegetales, la disminución de la tasa de infiltración y la tasa de intercambio gaseoso.

De esta manera se afecta el desarrollo radicular de las especies forrajeras y la actividad de la flora y la fauna del suelo. Adicionalmente, los correctivos y fertilizantes de praderas no se aplican con base en los resultados del análisis químico de suelos, y menos aún teniendo en cuenta los resultados del análisis físico de los mismos, situación que incrementa la degradación del recurso y/o el aprovechamiento de los compuestos aplicados, disminuyendo la producción y la calidad del forraje e incrementando los costos de producción.

También son importantes los sistemas de alimentación balanceados, acordes con los requerimientos nutricionales de los bovinos en los diferentes estados fisiológicos y/o etapas de lactancia, con énfasis en forrajes de óptima calidad nutricional que permitan obtener dietas de bajo costo relativo que incrementen la competitividad de los productos obtenidos. No obstante, la producción y el manejo del pastoreo es el aspecto menos entendido en las explotaciones lecheras, presentándose con frecuencia eventos de sobrepastoreo y subpastoreo que originan la degradación rápida de las praderas (Cuesta, 2005).

Teniendo en cuenta la disponibilidad de tecnología sostenible para la recuperación de suelos y praderas degradadas en sistemas de producción de leche especializada (Cuesta y colaboradores, 2002; Sánchez y Villaneda, 2009) y de las técnicas específicas para evaluar la calidad nutricional de forrajes y materias primas disponibles, que permiten optimizar las dietas para animales lecheros en diferentes estados fisiológicos y con diferente potencial productivo, se diseñó el proyecto *Fomento de tecnologías para la recuperación de suelos y renovación de praderas para mejorar la competitividad de los sistemas de producción de leche especializada del altiplano cundiboyacense*, con el objetivo básico de difundir estas tecnologías y obtener incrementos en los indicadores de manejo del suelo y del recurso forrajero, básicos para optimizar la alimentación y la productividad de estas explotaciones.

Por estas razones, el presente manual incluye aspectos básicos del manejo de suelos y praderas, y los principales datos obtenidos con la ejecución del proyecto mencionado, con el propósito de demostrar el efecto benéfico de estas técnicas sobre indicadores de productividad, competitividad y manejo sostenible de los recursos suelos y praderas.

1. Conceptos generales sobre suelos y praderas

El suelo es un sistema dinámico en el cual se reúnen las condiciones para el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales. La proporción y organización de las partículas sólidas que componen el suelo, tales como arcilla, arena, limos, materia orgánica y otros nutrientes, determinan sus características fundamentales, tales como textura, estructura, estabilidad estructural, aireación, retención de humedad y nivel de nutrientes, entre otras. Se presenta en capas denominadas horizontes (Figura 1), siendo el horizonte A el más superficial, donde se desarrolla la capa arable y la actividad biológica, y donde se presentan los nutrientes esenciales, el almacenamiento del agua y la capacidad de aireación de las raíces. Es importante recordar que los nutrientes presentes en la fracción sólida del suelo solo pueden ser aprovechados por las plantas cuando el agua y el aire se encuentran disponibles dentro del volumen del suelo, ya que son elementos fundamentales para la nutrición vegetal.

Las arenas son partículas con diámetros entre 2 y 0,05 milímetros (mm) y constituyen la fracción gruesa del suelo que proporciona baja capacidad de retención de humedad, alto drenaje, baja retención de nutrientes, baja capacidad de suministro de agua, excesiva aireación, susceptibilidad al encostramiento superficial y la erosión y facilidad de laboreo mecánico.

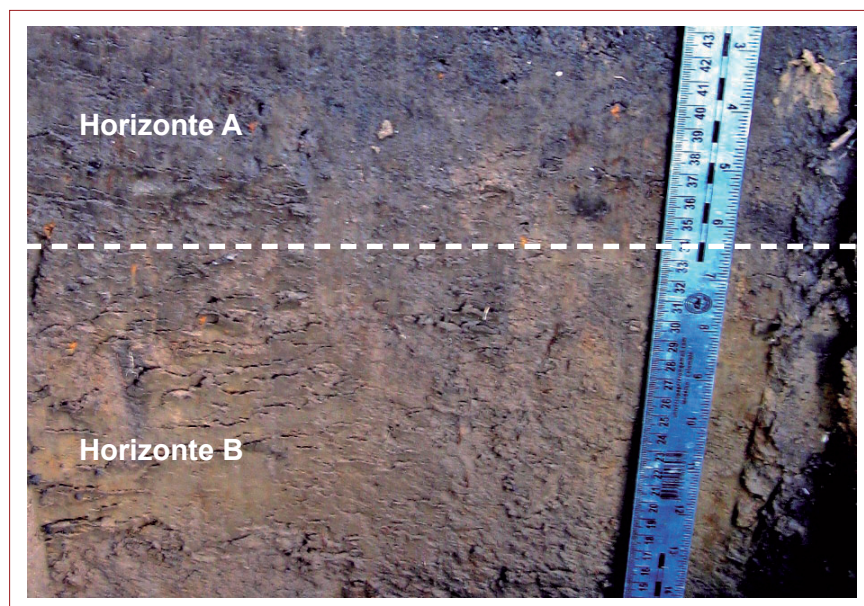


Figura 1. Perfil de un suelo.

Las arcillas son partículas con diámetro inferior a 0,002 mm, siendo las partículas más activas del suelo desde los puntos de vista físico, químico e hidrodinámico. Los suelos ricos en arcillas presentan tendencia a un drenaje deficiente y dificultad de laboreo, con mayor encharcamiento superficial, mayor retención de agua y de nutrientes, mayor contenido de materia orgánica y mayor resistencia a la erosión

Los limos son partículas cuyos diámetros oscilan entre 0,05 y 0,002 mm, los cuales presentan mayor dinamismo químico e hidrodinámico que las arenas, pero inferior a las arcillas.

1.1. Propiedades físicas del suelo

También denominadas propiedades mecánicas, son aquellas características determinadas por la proporción de sus componentes, las cuales proporcionan rigidez y fuerza de sostenimiento, facilidad para la penetración de raíces, aireación, capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, plasticidad y retención de nutrientes. Estas propiedades deben ser suficientemente conocidas por todo productor, al considerar su importancia para el desarrollo y crecimiento de las plantas y el alto riesgo de modificación por la actividad humana.

Es indispensable, por tanto, su determinación en todo proceso de producción, incluyendo los procesos de renovación de praderas, ya que estas propiedades cambian con la intensidad y periodicidad de uso del suelo. Adicionalmente, existe una estrecha relación entre las propiedades químicas y físicas del suelo.

Textura del suelo. Es la proporción relativa de las partículas minerales (arenas, limos y arcillas), cuyos diámetros promedios de partículas son inferiores a 2 mm.

Estructura del suelo. Se define como el arreglo (tamaño y forma) de las partículas del suelo, considerando que estas incluyen a las inicialmente mencionadas, definidas como fracciones granulométricas o componentes primarios (arena, arcilla y limo), y a los agregados, también denominados elementos estructurales o componentes secundarios que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas.

Es considerada de gran importancia, ya que de ella depende la permeabilidad del suelo al agua, al aire y a la penetración de las raíces.

Las estructuras pueden ser simples o compuestas. Las **simples** pueden ser **granulares** cuando se encuentran partículas individuales sin estructura, siendo suelos arenosos, fácilmente penetrables; **masivas**, con agregados consolidados en una masa uniforme, con cierto porcentaje de arcillas y materia orgánica y de difícil penetración en seco; y **cementada**, en la cual los agregados han sido deformados, comprimidos o uniformados (por pisoteo o laboreo).

Las estructuras **compuestas** pueden ser **migajosas**, cuando se presentan agregados migajosos, producto de la acción de raíces y de la descomposición de la materia orgánica; **en bloques**, generalmente equidimensionales, frecuente en horizontes profundos (B y C), en suelos de texturas finas (arcillas); **prismática o columnar**, con bordes más o menos aristados, de buena productividad cuando los prismas son pequeños; no obstante, al perder esta característica se consideran suelos degradados; **laminar**, estructura con agregados en cuyas dimensiones predominan los ejes horizontales, lo que es de gran impedimento a la penetración y germinación de las raíces y al drenaje interno.

1.2. Análisis físico del suelo

Se realiza para conocer y evaluar las propiedades físicas del suelo, el nivel de compactación y la capacidad de almacenamiento de agua, para recomendar el uso racional de la maquinaria agrícola y la cantidad óptima de agua a aplicar (Cuesta y Villaneda, 2005). Los siguientes son los análisis físicos de importancia que pueden solicitarse al laboratorio:

Densidad aparente. Es la relación entre el peso seco de una muestra de suelo y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo; por tanto, incluye el volumen de los sólidos y el correspondiente al espacio poroso. Además de la porosidad, esta relación es dependiente de la textura y del contenido de materia orgánica (Figura 2).



Figura 2. Muestreo de suelo para la determinación de las propiedades físicas.

Densidad real. Su determinación no considera el espacio poroso; por tanto, varía de acuerdo con la proporción de los elementos sólidos que constituyen el suelo (materia orgánica, cuarzo, feldespatos, etc.). Teniendo en cuenta una composición mineral me-

dia (suelos sin excesivo nivel de minerales pesados), la densidad real varía entre 2,6 a 2,7g/cc (gramos/centímetro cúbico).

Porosidad del suelo. Se define como el porcentaje del volumen del suelo que no está ocupado por sólidos (espacios ocupados por agua y aire). Se expresa en porcentaje e incluye macroporos (poros grandes con diámetro superior a 60 micras, los cuales no retienen agua y son responsables del drenaje y aireación del suelo), mesoporos (poros medianos, con diámetro entre 60 y 0,2 micras, que permiten el almacenamiento y movimiento del agua aprovechable para las plantas) y microporos (poros pequeños con diámetro inferior a 0,2 micras, donde se retiene el agua a altas tensiones, razón por la cual no es aprovechable para las plantas).

Retención de humedad. Hace referencia a la cantidad de agua que el suelo puede almacenar y que está disponible para las plantas; sirve para calcular la lámina aprovechable de agua que almacena el suelo.

Estabilidad estructural. Es la resistencia de los agregados del suelo a desintegrarse o romperse por la acción del agua y de la manipulación o mecanización (Rucks *et al.*, 2004). Permite conocer el grado de agregación del suelo, característica que cambia con el tipo de labranza y los sistemas de cultivo empleados; en este sentido, a mayor estabilidad, mayor será la resistencia de un suelo a la erosión. La variación de la estabilidad estructural es determinada mediante el diámetro ponderado medio (DPM, Anexo 2), considerando que un suelo se encuentra estructuralmente degradado cuando la mayoría de sus agregados presentan diámetros menores o iguales a 0,5 mm.

Infiltración básica. Se refiere a la velocidad de absorción del agua en los horizontes superficiales del suelo; se expresa en mm/hora o en cm/hora y se relaciona con otras propiedades, tales como densidad y porosidad.

Resistencia a la penetración. Está determinada por la resistencia mecánica que ofrece el suelo a la expansión lateral y al corte que produce la introducción de un objeto. Constituye un buen índice para evaluar problemas de desarrollo radicular en las especies forrajeras, originados por la presencia de capas compactas y/o de baja porosidad. Esa resistencia corresponde a la sumatoria de los efectos de diferentes características y propiedades, tales como densidad aparente, contenido de humedad, tamaño y distribución de las partículas que conforman el suelo

Este indicador es estimado con equipos digitales o manuales denominados penetrógrafos (Figura 3), por medio de los cuales se determina la fuerza necesaria para introducir un cono de un determinado tamaño dentro del suelo. Valores superiores a 1,3 megapascales (Mpa) indican problemas de compactación que pueden estar localizados a diferentes profundidades en el perfil del suelo.



Figura 3. Tipos de penetrógrafo.

1.3. Análisis químico del suelo

Se realiza para evaluar la fertilidad del suelo o para estimar la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas; en este sentido, el análisis químico es indispensable para determinar la necesidad de correctivos o enmiendas y recomendar el tipo y nivel de fertilizantes, acordes con los cultivos existentes. También es importante resaltar que la productividad también está relacionada con las condiciones físicas del suelo, la variabilidad climática y el manejo particular del cultivo.

En general, se pueden solicitar los siguientes tipos de análisis químico (Cuesta y Villaneda, 2005):

- Caracterización: incluye textura, materia orgánica, pH, fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio.
- Elementos menores: incluye hierro, cobre, zinc, manganeso y boro.
- Completo: incluye caracterización, elementos menores más azufre, más conductividad eléctrica.
- Salinidad parcial: incluye conductividad eléctrica, más capacidad de intercambio catiónico.

1.4. Muestreo de suelos

El análisis de suelo es una herramienta básica para conocer sus características químicas, físicas y microbiológicas, diagnosticar sus desbalances nutricionales y determinar las posibles limitaciones químicas y estructurales del suelo para el suministro eficiente de nutrientes a las plantas. Por tanto, los resultados del análisis de una muestra de suelo solo reflejan el estado nutricional del área con características homogéneas o similares al lugar donde se tomó la muestra; en consecuencia, no deben extrapolarse a explotaciones o áreas diferentes.

En general, el área a muestrear debe estar conformada por lotes o praderas homogéneas en cobertura vegetal y pendiente del terreno, siendo recomendable separar las muestras procedentes de áreas planas, de aquellas provenientes de áreas de ladera o pendiente.

Las muestras de suelo deben tomarse a una profundidad de 15 a 20 cm (acorde con la profundidad de las raíces de la mayoría de las gramíneas forrajeras de trópico alto), utilizando un barreno muestreador (Figura 4) o una pala, después de remover la capa vegetal. En ausencia del barreno es necesario cavar un hueco en forma de "V" a la profundidad sugerida, cortando una tajada de suelo de 2 – 3 cm de espesor en una de las paredes del hueco, depositándola luego dentro de un balde plástico. Es recomendable tomar 5 a 10 muestras por lote o pradera, siguiendo líneas imaginarias (zigzag o z) dentro del lote, mezclándolas luego dentro del balde para tomar una fracción final de 500 gr, que constituirá la muestra representativa del área seleccionada.

La muestra final debe empacarse en una bolsa plástica debidamente identificada con el nombre de la finca y su ubicación, número del lote, altura del predio, topografía del terreno, cultivo a establecer o establecido y datos del propietario.



Figura 4. Muestreo de suelo con barreno.

1.5. Degradación y recuperación de suelos y praderas

La degradación del suelo puede definirse como la pérdida del potencial productivo por deterioro de sus propiedades físicas, químicas o biológicas, como consecuencia de prácticas agrícolas inapropiadas a través del tiempo (Sánchez y Villaneda, 2009), la cual se manifiesta como un proceso de desmejoramiento de la estructura del suelo, asociado con la reducción del área de toma de nutrientes, agua y anclaje de las especies vegetales, que afectan de manera negativa el desarrollo radical y la actividad de flora y fauna del suelo (Figura 5).

La compactación, asociada con procesos de degradación, se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas de origen natural, por pisoteo de animales y/o por utilización de maquinaria agrícola, cuando el contenido de humedad del suelo no es el adecuado. El pisoteo de los animales origina una compactación cercana a la superficie denominada pie de pezuña, mientras que el uso frecuente de arados de disco origina una capa compacta a 25 centímetros de profundidad, denominado piso de arado (Gutiérrez y Páez, 1996, citado por Sánchez y Villaneda, 2009).

La compactación en praderas es perjudicial, ya que afecta las propiedades físicas de los suelos, aumentando la densidad aparente y disminuyendo la porosidad en los suelos minerales. En suelos derivados de cenizas volcánicas o andisoles, donde se encuentra



Figura 5. Praderas de kikuyo degradadas.

la ganadería de trópico alto, la densidad aparente presenta valores bajos, mientras que la porosidad total es relativamente alta; en estos suelos, la compactación disminuye la porosidad total, especialmente de los macro y mesoporos, e incrementa la de microporos. De esta manera, se reduce la infiltración del agua y la capacidad del suelo para conducir y almacenar agua, disminuyendo, por tanto, el desarrollo radical y la capacidad de los forrajes para tomar agua y nutrientes (Sánchez y Villaneda, 2009).

La renovación de una pradera consiste en aplicar una serie de prácticas para recuperar su capacidad productiva por unidad de área y por animal, hasta alcanzar niveles aceptables, acordes con su calidad nutricional. También incluye la siembra de una o más especies forrajeras deseables, susceptibles de ser pastoreadas, que proporcionen diversidad a la pradera e incrementen su calidad nutricional.

1.6. Praderas

En toda explotación lechera es necesario implementar un sistema de manejo y evaluación de praderas que permita determinar con precisión los ciclos de pastoreo (descanso y pastoreo de cada lote o pradera), la oferta de forraje, la carga animal y la calidad nutricional de las mismas, indicadores que permitirán optimizar la productividad y competitividad de la explotación.

Existen diferentes técnicas de evaluación, tanto para especies de crecimiento prostrado o rastrero (kikuyo, raigrases, tréboles, falsa poa, azul orchoro, etc.), como para las de crecimiento erecto (brasileño, entre otros), las cuales pueden ser destructivas y no destructivas, y determinan la disponibilidad de forraje y la composición botánica de la pradera. El método no destructivo (Disponibilidad por Frecuencia) es el más recomendado para especies rastreras y permite realizar un gran número de observaciones en un tiempo relativamente corto.



Figura 6. Escala de disponibilidad de forraje en la pradera.

1.6.1. Método de Disponibilidad por Frecuencia (MDF)

Presenta como base la construcción o implementación de una escala de producción o disponibilidad de forraje desde el punto 1 (mínima disponibilidad), hasta el punto 5 (máxima disponibilidad) (Figura 6), la cual debe realizarse después de recorrer toda la pradera para reconocer los diferentes puntos de la escala. Inicialmente se eligen los puntos 1 y 5, y utilizando un marco de 50 cm X 50 cm (0,25 m²), se corta y se pesa el forraje existente dentro del marco (Figura 7). Luego se localizan los puntos 3 (intermedio entre puntos 1 y

5), 2 (intermedio entre puntos 1 y 3) y 4 (intermedio entre puntos 3 y 5), que también deben ser cortados y pesados como los puntos 1 y 5 (Arreaza *et al.*, 2005). Una vez pesado el forraje es recomendable tomar una muestra de cada punto (200 gr de forraje), que debe ser enviada al laboratorio para determinar el nivel de materia seca (en estufa a 60°C hasta obtener el peso constante); sin embargo, esta determinación puede realizarse a nivel de la finca, al tomar 100 gr de muestra y secarla en horno microondas hasta obtener el peso constante (Figura 8). El nivel de materia seca es necesario para estimar el rendimiento o la disponibilidad de forraje seco de la pradera.



Figura 7. Corte y pesaje de forraje de los puntos de la escala.

El método incluye, además, 40 o, mínimo, 20 observaciones visuales en cada pradera (tomando como referencia la escala confeccionada), las cuales deben realizarse al seguir una dirección previamente elegida (zigzag o en z), calificando en cada observación el rendimiento forrajero o punto de la escala correspondiente, y la composición

botánica en cada marco (expresar cada especie forrajera como porcentaje del marco). Los datos correspondientes son tabulados y organizados (Anexo 1) para determinar la disponibilidad de forraje (kilogramos/ha y/o toneladas/ha) y la composición botánica de la pradera (expresada como porcentaje de cada especie en la pradera).

La Figura 8 y el Anexo 1 contienen el esquema detallado del procedimiento utilizado y la plantilla respectiva para la consolidación de los datos de cada pradera, necesarios para utilizar el método de disponibilidad mencionado.

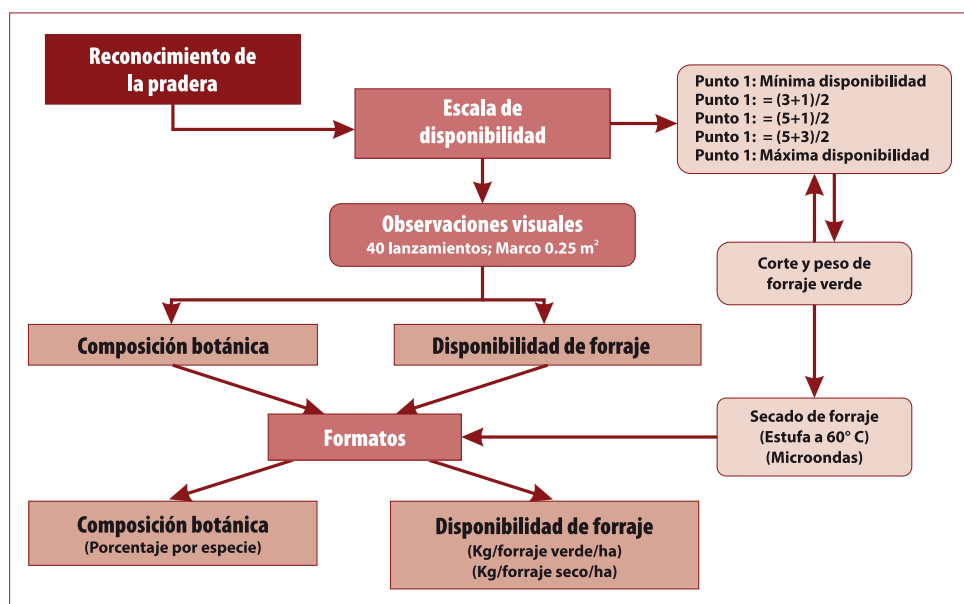


Figura 8. Esquema del método de Disponibilidad por Frecuencia

Como complemento, se desarrolla un ejemplo de la aplicación del método en una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), la cual fue renovada con prácticas culturales e intersembrado de raigrás y leguminosas (trébol blanco y rojo), en la finca Marsella del municipio de Simijaca.



Figura 9. Determinación de la materia seca en horno microondas.

Las Tablas 1, 2 y 3 contienen el procedimiento para calcular la disponibilidad de forraje y la composición botánica de la pradera utilizada.

Tabla 1. Escala de disponibilidad y nivel de materia seca de cada punto de la escala en una pradera renovada de kikuyo

Escala	Forraje verde (g/marco de 0,25 m ²)	Nivel de materia seca (%)*
1	387,5	23,2
2	500,0	22,4
3	612,5	20,0
4	700,0	22,4
5	825,0	22,8
Promedio		22,8

* Muestra de 100 gr secada en horno microondas hasta el peso constante.

Tabla 2. Disponibilidad de forraje y composición botánica de una pradera de kikuyo renovada con intersembrado de especies (1 ha; Simijaca, marzo de 2012)

Visual*	Calificación de la oferta de forraje	Composición botánica de la pradera (%)**			
		Kikuyo	Raigrás	Trébol	Arvenses
1	1	70	20	10	-
2	4	70	10	10	10
3	2	70	20	10	-
4	3	70	10	20	-
5	4	60	30	-	10
6	3	60	20	10	10
7	5	60	20	10	10
8	4	70	20	10	-
9	3	50	50	-	-
10	2	70	30	-	-
11	3	70	20	10	-
12	3	70	20	10	-
13	5	80	10	-	10
14	3	50	50	-	-
15	4	60	20	10	10
16	3	70	10	10	10
17	5	70	30	-	-
18	4	60	20	10	10
19	3	60	20	20	-
20	1	60	20	10	10
Total		1300	450	160	90
Composición media (%) /1		65,0	22,5	8,0	4,5

* Marco de 0,25 m².

** Porcentaje del marco de 0,25 m².

/1 Resultado de la división entre la sumatoria total de cada especie por el número de visuales (20).

Tabla 3. Estimación de la disponibilidad de forraje en la pradera renovada

Escala	Forraje verde (g/marco de 0,25 m ²) (PV)	Frecuencia de rendimiento* (FR)	Disponibilidad de forraje verde (g) (PV) * (FR)
1	387,5	2	775,0
2	500,0	2	1.000,0
3	612,5	8	4.900,0
4	700,0	5	3.500,0
5	825,0	3	2.475,0
Total		20	12.650,0
Promedio		0,25 m²	6.32,5 *
		1 m²	2.530,0 **

PV = peso del forraje verde.

FR = frecuencia de rendimiento; corresponde al número de veces que aparece cada punto de la escala en las observaciones visuales (ejemplo: el punto 2 en la Tabla 2, solo aparece dos veces).

* Resultado de dividir la disponibilidad total (12.650,0) entre el número de visuales (20).

** Resultado de dividir la disponibilidad promedio (632,5) entre el área de un marco (0,25).

La disponibilidad de forraje verde en gramos (Tabla 3) debe ser expresada en kilogramos (kg) y toneladas (ton), y en áreas mayores; para este fin, debe recordarse que un kg equivale a 1000 gr, una tonelada a 1000 kg y una hectárea a 10.000 m²

Disponibilidad de forraje verde:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^2 &= 2530/1000 = 2,53 \text{ kg de forraje verde} \\
 1 \text{ ha} &= 2,53 * 10.000 = 25.300 \text{ kg de forraje verde} \\
 1 \text{ ha} &= 25.300/1000 = 25,3 \text{ ton de forraje verde}
 \end{aligned}$$

Esta disponibilidad también puede expresarse como forraje seco, ya que se dispone del nivel de materia seca promedio (Tabla 1):

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^2 &= 2,53 * 22.8/100 = 0,577 \text{ kg de forraje seco} \\
 1 \text{ ha} &= 0,577 * 10.000 = 5.770 \text{ kg de forraje seco} \\
 1 \text{ ha} &= 5.770 / 1.000 = 5,77 \text{ ton de forraje seco}
 \end{aligned}$$

Una vez obtenida la oferta de forraje en la pradera, es necesario evaluar su capacidad para satisfacer las necesidades de consumo de los animales, determinando luego la carga animal que puede soportar. Se requiere, entonces, estimar el consumo de los animales, el cual está determinado principalmente por el peso vivo y el nivel de producción láctea, y recordar que después del pastoreo queda un nivel variable de forraje residual en la pradera, que no es consumido por pisoteo, contacto con excretas y/o por tratarse de material no palatable para el animal.

En este sentido, las 40 vacas de la finca presentaban un peso promedio de 480 kg y las pérdidas de forraje o forraje residual estimado alcanzaron un promedio de 25%. Por

otra parte, el consumo diario de cada animal fue estimado (de manera aproximada, ya que puede variar de acuerdo con el nivel de producción y con la ecuación o fórmula utilizada) como forraje verde (12% del peso) y como forraje seco (3% del peso vivo).

$$\begin{aligned} \text{Consumo de forraje verde/vaca} &= 480 * 12/100 = 57,6 \text{ kg/día} \\ \text{Consumo de forraje verde/40 vacas} &= 57,6 * 40 = 2304 \text{ kg/día} \\ \text{Consumo de forraje seco/vaca} &= 480 * 3/100 = 14,4 \text{ kg/día} \\ \text{Consumo de forraje seco/40 vacas} &= 14,4 * 40 = 576 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Forraje verde aprovechable/ha} &= \text{Forraje disponible} - \text{Pérdidas} \\ \text{Pérdidas forraje verde/m}^2 &= \text{Forraje disponible} * 25/100 \\ \text{Pérdidas forraje verde/m}^2 &= 2,53 \text{ kg} * 25/100 = 0,63 \\ \text{Forraje verde aprovechable/m}^2 &= 2,53 \text{ kg} - 0,63 = 1,90 \text{ kg} \\ \text{Pérdidas forraje verde/ha} &= 25.300 \text{ kg} * 25/100 = 6325 \text{ kg} \\ \text{Forraje verde aprovechable/ha} &= 25.300 \text{ kg} - 6325 = 18.975 \text{ kg} \\ \text{Área de pradera/vaca/día} &= \text{Consumo/vaca/día} / \text{forraje aprovechable/m}^2 \\ \text{Área de pradera/vaca/día} &= 57,6 \text{ kg/día} / 1,9 \text{ kg/m}^2 = 30,32 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Cuando se conoce el periodo de descanso de la pradera (54 días en el caso particular de la finca Marsella, durante el periodo de lluvias), se puede estimar la carga animal de la pradera, siempre que las diferentes praderas presenten una disponibilidad y unas pérdidas de forraje similares.

$$\begin{aligned} \text{Carga animal/ha} &= \text{Forraje aprovechable/ha} / \text{Descanso} * \text{Consumo/vaca/día} \\ \text{Carga animal/ha} &= 18.975 \text{ kg/ha} / 54 \text{ día} * 57,6 \text{ kg/día} \\ \text{Carga animal/ha} &= 18.975 / 3110,4 = 6,1 \text{ vacas/ha} \end{aligned}$$

La carga animal obtenida en este ejemplo es relativamente alta, explicable por la elevada producción de forraje de la pradera. Ante la variabilidad en la producción forrajera, es indispensable conocer el rendimiento de las diferentes praderas de la explotación durante periodos de lluvia y durante periodos secos, para optimizar las áreas de pastoreo acordes con el consumo de los animales, obteniendo así indicadores confiables de carga animal y productividad por unidad de superficie.

La carga animal, en combinación con el período de recuperación, son factores fundamentales para el manejo sostenible de praderas, por sus efectos sobre la persistencia de estas y la productividad animal. Una carga animal excesiva afecta el periodo de recuperación de la pradera, disminuye la producción de forraje en el pastoreo siguiente y favorece la proliferación de especies no deseables. Sin embargo, una carga animal baja disminuye la productividad animal por unidad de superficie y facilita la maduración y lignificación de las especies forrajeras, disminuyendo su calidad nutricional.

2. Metodología

Como metodología general, el presente manual hace referencia a las actividades realizadas y a los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto *Fomento de tecnologías de recuperación de suelos y renovación de praderas para contribuir al mejoramiento de la productividad y competitividad de los sistemas de producción de leche del altiplano cundiboyacense* (Convenio 069), financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación, Corpoica, entre abril de 2011 y abril de 2012. Sin embargo, en este capítulo se incluyen recomendaciones sobre las prácticas y los procesos que deben implementarse en cualquier explotación ganadera para lograr una producción competitiva y sostenible.

En el proyecto se implementaron tecnologías desarrolladas y evaluadas por la Corpoica en explotaciones lecheras especializadas de trópico alto, realizando previamente, con la colaboración de las asociaciones de productores existentes en la región (cuencas lecheras de las microrregiones de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá, del Alto Chicamocha y la Sabana de Bogotá), la selección de ocho fincas, priorizadas por las condiciones de liderazgo de los productores, su representatividad en la región y su pertenencia a las asociaciones respectivas. Como requisito se solicitó la disponibilidad de una pradera con un área entre 7000 m² y 27.000 m² para implementar el proceso de renovación, y una pradera adicional con el manejo del productor como pradera testigo.

De acuerdo con los criterios mencionados se seleccionaron las siguientes fincas: Marsella, San Gregorio y Baviera en la microrregión de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá; San Rafael, Hato Bonito, Santa Inés y Usamenita en la microrregión del Alto Chicamocha, y Tibaitatá en la microrregión de la Sabana de Bogotá.

El muestreo de suelos para análisis físico, químico y microbiológico fue realizado en cada finca, tanto en los lotes a renovar, como en los lotes testigo, a una profundidad de 20 cm (Figura 10), y las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la corporación.

En cualquier proceso que involucre laboreo del suelo, los correctivos y/o enmiendas deben adquirirse después de conocer los resultados y recomendaciones de laboratorio, para comprar los insumos realmente necesarios para el suelo. De esta manera, se puede iniciar la preparación del terreno, teniendo en cuenta que cualquier tipo de labranza debe realizarse cuando el suelo presente la humedad adecuada (según Abaunza *et al.*, 2011, este estado se detecta al tomar una pequeña porción de suelo y amasarla entre las manos, tratando de formar un hilo delgado de tres a cuatro milímetros de diámetro cuando el suelo es arcilloso, y de 1 cm cuando el suelo es arenoso: si el hilo se desmenuza o se corta al llegar a esa medida, el suelo se encuentra en el límite

de humedad; si se desmenuza o corta antes, estará por debajo del nivel). La realización del laboreo en condiciones de humedad adecuada no origina daños en la estructura del suelo y/o no incrementa su nivel de compactación.



Figura 10. Muestreo de suelos en fincas seleccionadas.

2.1. Proceso de renovación

Antes del laboreo del suelo y/o inicio de la renovación, la pradera debe ser pastoreada para aprovechar el forraje existente; adicionalmente, es recomendable realizar el proceso al inicio del periodo de lluvias, para obtener la humedad adecuada de laboreo y garantizar la germinación de las semillas utilizadas.

Los colchones de forraje y/o el forraje residual que no es aprovechado por los animales pueden eliminarse mediante un pase de desbrozadora, máquina que corta y

pica en partículas pequeñas ese forraje residual (Figura 11), facilitando su incorporación posterior al suelo y a las labores del proceso de renovación. En ausencia de una desbrozadora se puede utilizar una guadaña.



Figura 11. Desbrozadora.

A la pradera libre de forraje residual se aplican los correctivos o enmiendas sugeridos en los resultados del análisis de suelo (Figura 12), incorporándolos inmediatamente con labranza vertical. El renovador de praderas, implemento básico para la labranza vertical (Figura 13), además de incorporar los correctivos, descompacta el suelo, permitiendo la aireación y el flujo de agua. Es importante tener en cuenta que la profundidad de penetración de los cinceles del renovador está determinada por los resultados de la prueba de resistencia a la penetración realizada previamente.



Figura 12. Aplicación de correctivos acordes con el análisis del suelo.

Figura 13. Pase con un renovador de praderas.

Después de realizar la labranza vertical se distribuye la semilla de las especies forrajeras mejoradas (intersiembra), siendo importante la inclusión de semillas de leguminosas (trébol rojo y/o trébol blanco mejorados), para obtener una pradera diversa y de excelente calidad. La intersiembra puede realizarse con una sembradora manual (Figura 14A), con una sembradora de grano fino o al voleo (Figura 14B), garantizando una adecuada distribución de las semillas. La incorporación de la semilla y el ta-

pado correspondiente pueden realizarse mediante un pase de roto de cuchilla recta (Figura 15A) o de un pase de rastrillo californiano sin traba (Figura 15B). Después de la intersembra es importante realizar el seguimiento de lotes o praderas renovadas para controlar la germinación, los requerimientos de resiembra y drenaje, al igual que el momento de la fertilización de establecimiento, el cual debe realizarse cuando las plantas presenten las hojas suficientes para el aprovechamiento respectivo (30 días después de la intersembra, aproximadamente).



Figura 14. Intersembra de especies mejoradas.



Figura 15. Implementos para el tapado de la semilla.

En el caso particular de este proyecto, las especies forrajeras introducidas fueron seleccionadas de acuerdo con evaluaciones previas (Cuesta *et al.*, 2002; Sánchez y Villaneda, 2009), utilizando una mezcla de tres gramíneas (raigrás sterling, raigrás bóxer y azul orchoro), con una densidad de siembra de 10 kg/ha/especie, y las leguminosas trébol rojo gigante y trébol blanco gigante con densidades de 4 kg y 2 kg/ha, respectivamente. Las

visitas de seguimiento se realizaron a los 8, 15, 30, y 45 días después de la intersembra, y la fertilización de mantenimiento a los 30 días después de la intersembra.

La evaluación del comportamiento productivo de las praderas renovadas y del testigo fue realizada mediante aforos antes y después de cada pastoreo, determinando la oferta, la composición botánica de la pradera y el forraje residual, mediante el método de Disponibilidad por Frecuencia (Arreaza, 2005), datos que fueron relacionados con la precipitación registrada, determinada con pluviómetros ubicados en cada explotación demostrativa. Adicionalmente, se realizaron los muestreos de forraje necesarios para el análisis bromatológico y el fraccionamiento de nutrientes (Sistema de carbohidratos y proteína neta de Cornell) y los minerales (Ca, P, K, Mg, S, Cu y Zn); por otra parte, la fertilización de mantenimiento, necesaria para una producción sostenible, fue realizada después de cada pastoreo.

3. Resultados

3.1. Análisis químico de suelos

En general, predominó la textura franco arcillosa, aunque en una de las fincas se presentó la textura de compost, atribuida a mal drenaje y al excesivo nivel de materia orgánica del lote respectivo; adicionalmente, se observaron diferentes niveles de acidez en suelo, mientras que en algunas praderas (asociadas a mal drenaje y/o altos niveles de materia orgánica) el pH fue cercano a la neutralidad (Anexo 4).

No se registraron problemas por niveles altos de aluminio, mientras que los elementos fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S) presentaron diferentes niveles de deficiencia, al igual que algunos elementos menores, especialmente boro (B) y zinc (Zn), cuyas deficiencias fueron corregidas mediante la aplicación de los correctivos necesarios, incluyendo la de otros elementos (especialmente, nitrógeno) necesarios para llenar los requerimientos de nutrientes de las diferentes especies introducidas en las praderas. En este sentido, la aplicación de nutrientes fue recomendada cuando los niveles de esos elementos presentaban niveles bajos o medios.

Es importante resaltar que la interpretación de los resultados del análisis de suelos y las recomendaciones sobre los tipos y los niveles de correctivos y fertilizantes deben ser realizadas por profesionales con experiencia, quienes valoran las deficiencias químicas del suelo, las características de los correctivos y fertilizantes y las correspondientes a los materiales forrajeros.

3.2. Análisis físico de suelos

Los valores obtenidos para la densidad aparente de los lotes sometidos al proceso de renovación (Anexo 2), presentaron resultados similares en las diferentes fincas, exceptuando los correspondientes a Marsella y Baviera. Aunque en estas dos fincas se registraron valores relativamente bajos de densidad, estos fueron atribuidos al tipo de suelo, ya que la porosidad total y el tipo de porosidad predominante (54,39% y 59,33% para porosidad total y microporos, respectivamente; Anexo 2) presentaban valores superiores a los obtenidos en las restantes fincas, evidenciando problemas de compactación.

Las praderas de las demás fincas presentaron valores relativamente altos para la densidad aparente, con un elevado nivel de microporos (nivel superior a 35%; Anexo 2), característicos de suelos compactados, razón por la cual se recomendó la labranza vertical en todas las praderas muestreadas.

Los valores óptimos o ideales para densidad y porosidad de un suelo pueden apreciarse en el Anexo 2; en este caso, al ser comparados con los registrados para las praderas intervenidas, confirmaron la incidencia de problemas de compactación y/o de degradación.

Aunque el uso agrícola y el laboreo excesivo del suelo desencadenan problemas en la estabilidad estructural, con el incremento de partículas de diámetro inferior a 1,0 mm (Volverás y Amézquita, 1998), los valores registrados para las praderas evaluadas (Anexo 3) determinaron una estabilidad estructural moderada, permitiendo la implementación de la labranza vertical.

En cuanto a los resultados de las pruebas de resistencia a la penetración, las Figuras 16 y 17 registran las curvas obtenidas en las praderas de las diferentes fincas.

En la pradera de la finca Marsella puede apreciarse una fuerte compactación en los primeros 10 centímetros de profundidad (resistencia superior a 1,5 Mpa; Figura 16A), resistencia que a pesar de reducirse levemente después de los 10 cm, se mantiene por encima de 1,3 Mpa hasta profundidades mayores, situación negativa para el desarrollo de raíces y la toma de nutrientes para las plantas.

Aunque la resistencia a la penetración en la finca Baviera no sobrepasó 1,0 Mpa, situación atribuida básicamente a las características del suelo, se recomendó la labranza vertical moderada por la porosidad total y el tipo de porosidad predominante en el suelo (Anexo 2), ya que estos indicadores no presentaban ventajas para el desarrollo de las raíces existentes.

El nivel de compactación que registraba la pradera de la finca San Gregorio (Figura 16C) fue mayor que el registrado para las fincas mencionadas anteriormente, ya que

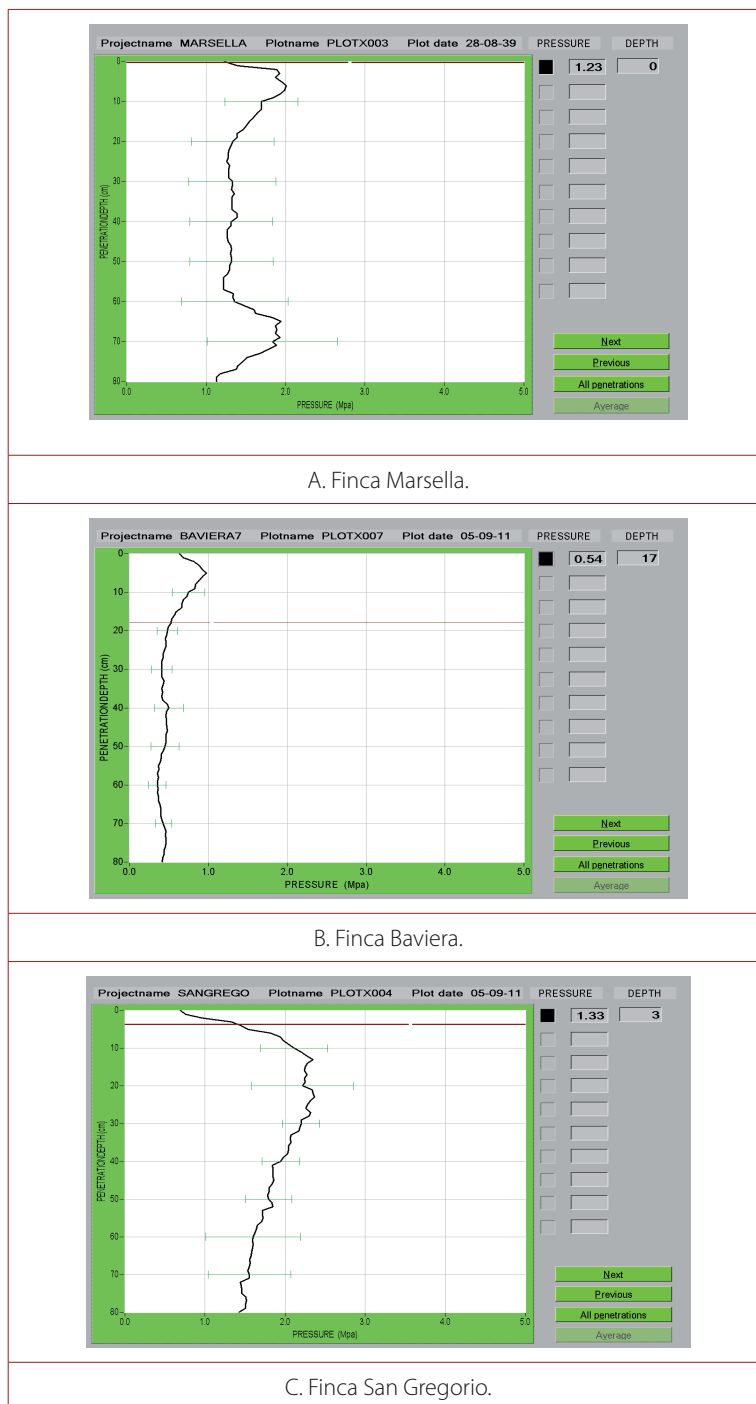


Figura 16. Curvas de resistencia a la penetración de praderas en fincas de la microrregión de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá (2011).

desde los 3 centímetros de profundidad la resistencia fue superior a 1,5 Mpa, incrementándose progresivamente hasta niveles superiores a 2,0 Mpa a los 10 cm, situación que se mantuvo hasta profundidades de 40 cm. Con estos niveles de compactación, el desarrollo de raíces y plantas sería muy limitado, siendo necesaria la labranza vertical.

Las curvas de la Figura 17 son ligeramente diferentes a las de la Figura 16, ya que representan el total de puntos tomados en cada lote y la media obtenida para estos (color rojo); sin embargo, registran de manera similar los resultados de la prueba, importantes para determinar el nivel y la profundidad de compactación.

Los problemas de compactación son importantes en las fincas San Rafael, Hato Bonito y Santa Inés (Figuras 17A, 17B y 17C), siendo más acentuados en San Rafael, ya que desde los 4 centímetros de profundidad la resistencia a la penetración presentaba valores superiores a 1,5 Mpa, que se incrementó gradualmente hasta alcanzar valores superiores a 2,5 Mpa a los 20 cm. Aunque los niveles de resistencia en la pradera de la finca Hato Bonito no fueron tan altos como los obtenidos en San Rafael, la compactación era alta entre 4 y 20 cm (superior a 1,5 Mpa). De manera similar, las curvas obtenidas para la pradera de la finca Santa Inés reflejaron problemas importantes de compactación desde los 4 cm de profundidad, resistencia que se incrementó a mayor profundidad.

La pradera de la finca Usamenita presentó una curva ligeramente diferente a la obtenida para las restantes fincas de la región; sin embargo, la compactación registrada para los primeros 15 cm fue alta (superior a 1,2 Mpa).

En general, los resultados obtenidos para la prueba de resistencia a la penetración permitieron concluir que las praderas evaluadas, de todas las fincas utilizadas, presentaban problemas importantes de compactación que estaban afectando la productividad de las mismas, requiriéndose la implementación de la labranza vertical para atenuar el problema.

3.3. Comportamiento productivo de las praderas renovadas y de la testigo

La producción de forraje verde en las praderas renovadas durante el primer corte o pastoreo fue siempre superior al obtenido en las praderas testigo, diferencia que alcanzó niveles de superioridad entre 23,9% a 215,6% en la región Valles de Ubaté y Chiquinquirá, y 16,9% a 51,8% en la región del Alto Chicamocha. Aunque los rendimientos forrajeros durante el segundo pastoreo disminuyeron por una menor precipitación (Figuras 19A y 19B; Figuras 20A y 20B), la tendencia de superioridad de las praderas renovadas se mantuvo, con valores de 40,0% a 48,0% en los Valles de Ubaté, y de 17,3% a 30,1% en el Alto Chicamocha. Estos niveles de superioridad son similares a los reportados por Sánchez y Villaneda, (2009) y Cuesta *et al.*, (2002); sin embargo, ciertos rendimientos alcanzaron valores mayores a los reportados por estos autores.

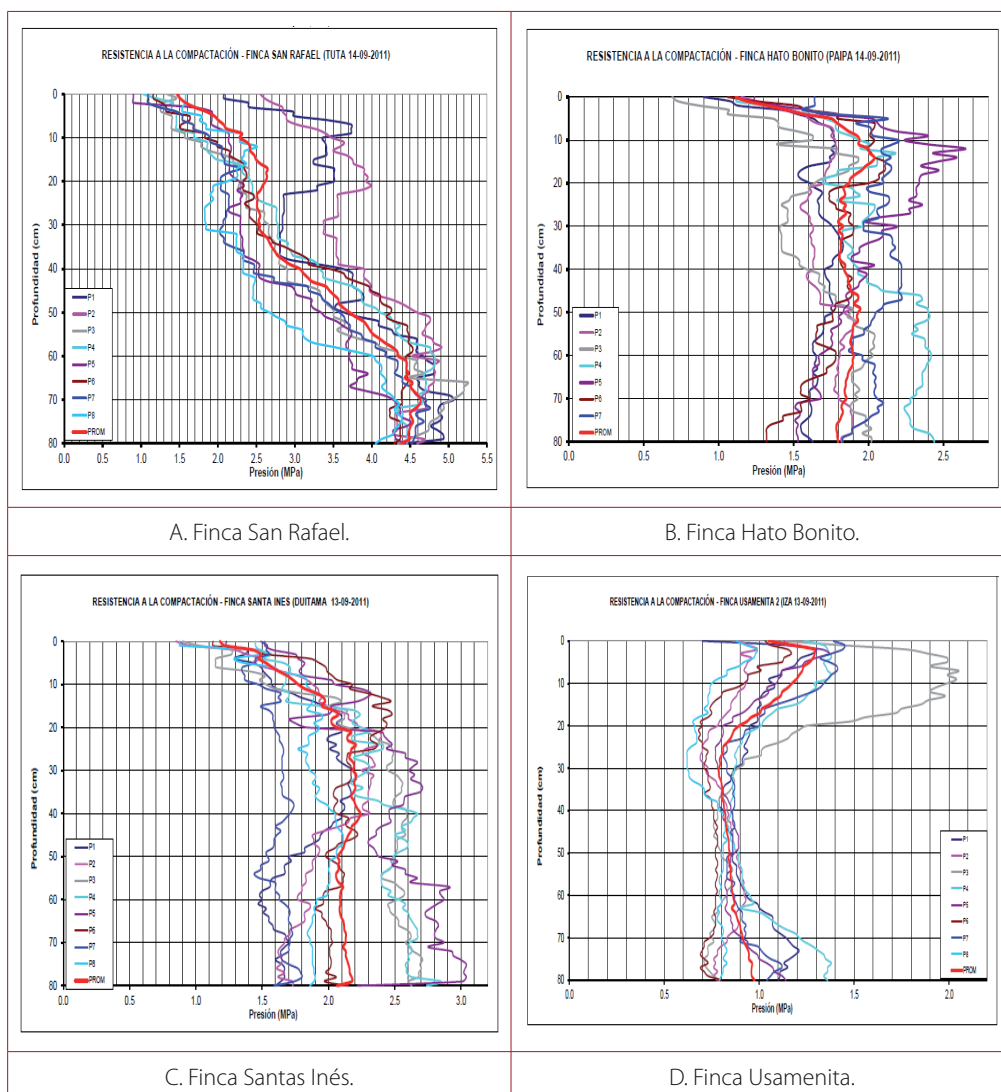


Figura 17. Curvas de resistencia a la penetración en praderas de fincas de la microrregión del Alto Chicamocha (2011).

En la Tabla 4 puede apreciarse la mayor producción de forraje en las praderas renovadas durante los dos pastoreos evaluados, en las dos fincas demostrativas, y la variación obtenida en la cobertura de las praderas renovadas; el incremento en la población de raigrás durante los dos primeros pastoreos fue relativamente bajo (Figura 18), resultado similar al reportado por Sánchez y Villaneda (2009), quienes obtuvieron niveles importantes de raigrás y trébol a partir del tercer y cuarto ciclo de pastoreo. Por otra parte, es importante resaltar que los lotes testigo de las fincas presentaban una alta población de trébol y una baja población de raigrás.

Tabla 4. Indicadores productivos de praderas
(dos pastoreos) en fincas de la microrregión del Alto Chicamocha

Indicadores	Hato Bonito		San Rafael	
	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo
Forraje verde (kg/ha)	57.260	41.360	57.220	48.880
Materia seca (%)	17,1	17,7	18,3	17,7
Forraje seco (kg/ha)	9.761	7.337	10.491	8.660
Forraje residual (%)	16,5	18,1	24,1	41,3
Cobertura				
Kikuyo (%)	76,8	65,0	64,2	78,0
Raigrás (%)	19,5	3,7	11,3	1,0
Trébol (%)	2,8	30,0	13,9	15,5

La producción de forraje (verde y seco) en la finca Santa Inés (Tabla 5) fue inferior a la obtenida en las demás fincas de la misma microrregión, diferencia atribuida a la ubicación del lote asignado para el proceso de renovación, el cual estaba rodeado por una fuente de agua, factor que asociado con las intensas lluvias de los meses de octubre y noviembre de 2011, originó un ascenso excesivo del nivel freático que afectó de manera negativa este indicador. Por otra parte, la producción de forraje en el lote testigo de la finca Usamenita (Tabla 5) fue insuficiente para ser cortado y aforado en los dos ciclos de pastoreo evaluados, y aunque el lote renovado presentaba similares características de salinidad, compactación y encharcamiento, la implementación de drenajes y la aplicación de los correctivos acordes con los resultados del análisis de suelo, permitió el alto rendimiento forrajero, el cual sobrepasó los obtenidos en las restantes fincas demostrativas; sin embargo, en esta pradera se realizó una resiembra de material y se aplicaron dos riegos durante el periodo seco registrado en noviembre, manejo que puede explicar los altos rendimientos; no obstante, los gastos ocasionados por estas acciones fueron registrados y contabilizados para determinar el costo real del forraje producido.

Tabla 5. Indicadores productivos de praderas
(dos pastoreos) en fincas de la microrregión del Alto Chicamocha

Indicadores	Santa Inés		Usamenita	
	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo
Forraje verde (kg/ha)	29.820	27.760	70.740	
Materia seca (%)	16,4	16,6	17,9	
Forraje seco (kg/ha)	4.877	4.608	12.682	
Forraje residual (%)	13,4	29,3	23,0	
Cobertura				
Kikuyo (%)	88,5	89,5	70,5	
Raigrás (%)	3,5	1,0	23,5	
Trébol (%)	7,0	8,0	4,0	



Figura 18. Diferencia en la producción de forraje y la composición botánica entre el primer y tercer corte de la pradera renovada en la finca San Gregorio.

En la microrregión de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá también puede apreciarse la superioridad de las praderas renovadas en producción de forraje verde y forraje seco (Tablas 6 y 7), siendo también evidente la tendencia a la disminución del pasto kikuyo y el incremento de los forrajes introducidos (raigrás y trébol) en las praderas.

Tabla 6. Indicadores productivos de praderas (dos pastoreos) en fincas de la microrregión de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá

Indicadores	Marsella		San Gregorio	
	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo
Forraje verde (kg/ha)	44.250	17.340	64.600	40.700
Materia seca (%)	14,0	16,6	15,8	16,8
Forraje seco (kg/ha)	6.215	2.886	10.178	6.827
Forraje residual (%)	28,3	36,5	23,0	27,5
Cobertura				
Kikuyo (%)	82,3	92,0	84,7	95,0
Raigrás (%)	6,5	4,0	20,0	4,5
Trébol (%)	7,0	1,6	3,5	0,5

La mayor producción de forraje de las praderas renovadas, con respecto a praderas testigo obtenida en este proyecto, es consistente con los reportes de diferentes autores en diferentes regiones del país (Sánchez y Villaneda, 2009; Cuesta *et al.*, 2002; Mila y Corredor, 2004); no obstante, algunos autores no reportan diferencias en este indicador (Noreña, 2011), aunque destacan las mejoras en indicadores físicos del suelo y en cobertura de praderas.

Es importante resaltar las diferencias obtenidas entre fincas demostrativas de las diferentes microrregiones, atribuidas a la variabilidad registrada en las condiciones climáticas (Figuras 19 y 20), a las características del suelo y a las prácticas de manejo en cada explotación.

Tabla 7. Indicadores productivos de praderas (dos pastoreos) en fincas de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá, y la Sabana de Bogotá

Indicadores	Baviera		Tibaitatá**	
	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo
Forraje verde (kg/ha)	50.590	38.500	26.350	11.400
Materia seca (%)	16,3	16,2	15,8	21,9
Forraje seco (kg/ha)	8.550	6.237	4.163	2.497
Forraje residual (%)	21,7	28,1	23,2	36,0
Cobertura				
Kikuyo (%)	77,5	77,0	74,2	92,3
Raigrás (%)	15,6	7,5	14,5	2,3
Trébol (%)	4,4	1,0	10,3	3,6

** Los datos corresponden a un solo pastoreo.

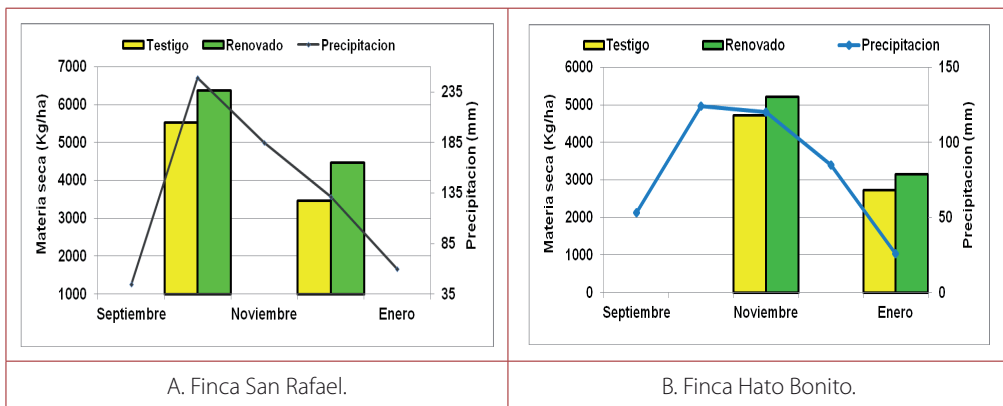


Figura 19. Efecto de la precipitación sobre la producción de forraje en praderas renovadas y testigo de fincas del Alto Chicamocha.

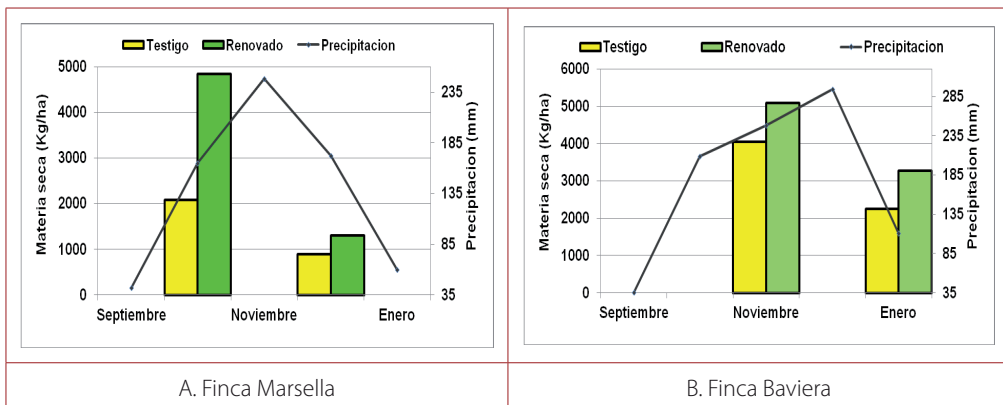


Figura 20. Efecto de la precipitación sobre la producción de forraje en praderas renovadas y testigo de fincas de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá.

Las diferencias en el manejo de praderas se reflejan en los resultados de forraje residual obtenidos, forraje que queda en la pradera después de la salida de los animales, niveles que oscilaron entre 21,7% a 41,3% (Tablas 4 a 7), siendo más altos en las praderas testigo que en las renovadas. Estos resultados resaltan aún más la importancia de las prácticas de renovación y manejo de praderas, para obtener un mejor aprovechamiento del forraje.

Adicionalmente, la producción de forraje, tanto en praderas renovadas como en praderas testigo, se relacionó directamente con la precipitación registrada; de esta manera, los altos niveles de precipitación durante los meses de octubre y noviembre de 2011 (Figuras 19 y 20), originaron niveles relativamente altos de producción forrajera, pero en algunos casos se convirtieron en problema (incremento del nivel freático en la finca Santa Inés e inundación del lote renovado en la finca Marsella); no obstante, después del mes de noviembre los niveles de precipitación se redujeron de manera importante, afectando negativamente la productividad forrajera y la composición botánica de las praderas (especialmente, raigrases y tréboles), ya que no se disponía de riego en las diferentes fincas, exceptuando en Usamenita, donde su implementación originó una mayor productividad durante el segundo ciclo o pastoreo (Figura 21).



Figura 21. Praderas testigo y renovada en la finca Usamenita, en Iza.

Debe destacarse la variabilidad registrada en la precipitación entre las explotaciones lecheras, característica que originó diferencias en la producción de forraje y variaciones en la composición botánica de las praderas; en efecto, en solo dos explotaciones, la cobertura de raigrases y tréboles alcanzó niveles superiores a 18% y 16%, respectivamente; sin embargo, el periodo de evaluación y seguimiento en el presente trabajo fue relativamente corto (dos pastoreos) y se presentaron periodos de estrés por exceso y deficiencia de lluvias. También es importante destacar que las especies involucradas en la intersiembra alcanzan niveles altos de cobertura entre el tercer y cuarto ciclo de pastoreo (Sánchez y Villaneda, 2009).

3.4. Calidad nutricional de los forrajes

La calidad nutricional de un alimento o forraje puede definirse como la composición química de ese alimento y su relación con los requerimientos nutricionales de un determinado animal en un específico estado fisiológico.

La calidad nutricional de los forrajes está relacionada con factores diversos, tales como la especie o la variedad del material utilizado, del periodo vegetativo o la madurez del forraje al ser cosechado o consumido, del tipo y el nivel de fertilización, del manejo del pastoreo, del nivel de degradación que presente la pradera y de las variaciones climáticas registradas.

Aunque todos los nutrientes deben incluirse en una dieta balanceada para garantizar la eficiencia de la alimentación, energía y proteína constituyen los indicadores de calidad más utilizados en los sistemas de producción bovina nacional. Estos nutrientes pueden ser evaluados o analizados de diversas formas, de acuerdo con la disponibilidad de recursos y equipos disponibles; en este sentido, las grasas y los carbohidratos son las principales fuentes de energía de los forrajes, mientras que el nitrógeno no proteico y las proteínas verdaderas son las fuentes nitrogenadas en estos recursos.

El proceso de renovación de praderas (labranza vertical para descompactar y airear el suelo, aplicación de correctivos y fertilizantes acordes con los resultados del análisis de suelos e interseembra de especies forrajeras mejoradas), también produjo un efecto positivo sobre la calidad del forraje resultante (Tablas 8 a 11), relacionado con las prácticas realizadas en el suelo y con las características de los materiales forrajeros utilizados, cuya calidad nutricional, representada por los altos niveles de proteína cruda y por los bajos niveles de pared celular, determinaron incrementos importantes en la composición química de las mezclas obtenidas.

Tal como se mencionó anteriormente, tanto en las praderas de Hato Bonito y San Rafael (Tabla 8), como de Santa Inés (Tabla 9), los niveles de proteína cruda, carbohidratos no estructurales y extracto etéreo en las praderas renovadas fueron superiores a los obtenidos en las praderas testigo, mientras que los niveles de pared celular fueron inferiores, diferencias que determinaron un mayor nivel de energía en las praderas renovadas. Es importante resaltar que las praderas testigo fueron manejadas y fertilizadas de acuerdo con los planes particulares de cada productor.

En la microrregión de los Valles de Ubaté Chiquinquirá se observó la misma tendencia en la calidad nutricional (Tablas 10 y 11), exceptuando la finca Baviera, donde las características particulares del suelo del lote asignado para la renovación (elevados niveles de materia orgánica, Anexo 3), no permitieron la superioridad en proteína cruda, pero sí en carbohidratos no estructurales, con disminución de los niveles de pared celular.

Tabla 8. Calidad nutricional de forrajes en fincas de la microrregión del Alto Chicamocha

Indicadores	Hato Bonito		San Rafael	
	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada
Materia seca (%)	19,70	19,30	20,3	20,01
Proteína cruda (%)	16,08	18,38	18,81	19,21
Pared celular (FDN, %)	62,40	58,80	56,90	55,20
CNF (%)	7,82	10,50	11,66	12,88
Lignina (%)	2,43	2,18	2,85	2,66
Extracto etéreo (%)	2,61	2,76	2,32	2,38
Cenizas (%)	11,09	9,72	11,05	10,10
Proteína en FDN (%PC)	34,90	36,4	36,29	30,95
Proteína en FDA (%PC)	24,62	2,67	2,95	3,01
NDT* (%)	56,80	59,8	59,60	61,80
E. M.* (Mcal/kg)	2,06	2,27	2,18	2,30

CNF: carbohidratos no fibrosos. NDT: nutrientes digestibles totales. EM: energía metabolizable.

* Adaptado con NRC, 2001.

Tabla 9. Calidad nutricional de forrajes en fincas de la microrregión del Alto Chicamocha

Indicadores	Santa Inés		Usamenita	
	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada
Materia seca (%)	17,40	18,10		21,20
Proteína cruda (%)	17,08	18,45		18,67
Pared celular (FDN, %)	59,30	58,90		57,50
CNF (%)	9,64	10,80		11,58
Lignina (%)	2,70	2,20		2,95
Extracto etéreo (%)	2,50	2,84		1,95
Cenizas (%)	10,30	9,10		10,30
Proteína en FDN (%PC)	31,80	34,20		30,20
Proteína en FDA (%PC)	21,30	20,50		3,01
NDT* (%)	58,00	59,50		60,00
E. M.* (Mcal/kg)	2,11	2,21		2,23

CNF: carbohidratos no fibrosos. NDT: nutrientes digestibles totales. EM: energía metabolizable.

* Adaptado con NRC, 2001.

Es importante resaltar que a medida que se incrementa el nivel de degradación de suelos y praderas (con el incremento respectivo del nivel de compactación), baja el nivel de aprovechamiento de la fertilización utilizada, problema que se refleja en una menor calidad nutricional, disminuyendo además la producción de forraje, problemas que afectan de manera negativa la carga animal y la producción láctea por unidad de superficie.

Tabla 10. Calidad nutricional de forrajes en fincas de la microrregión de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá

Indicadores	Marsella		San Gregorio	
	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada
Materia seca (%)	18,60	14,90	18,06	16,90
Proteína cruda (%)	16,64	20,28	18,60	20,70
Pared celular (FDN, %)	62,10	56,59	60,77	57,70
CNF (%)	9,76	11,01	6,48	10,20
Lignina (%)	3,21	2,78	2,96	2,65
Extracto etéreo (%)	2,32	3,10	2,24	3,40
Cenizas (%)	9,21	9,0	10,26	10,45
Proteína en FDN (%PC)	44,80	49,85	37,26	42,11
Proteína en FDA (%PC)	7,53	2,86	2,26	3,16
NDT* (%)	59,20	60,40	58,60	59,90
E. M.* (Mcal/kg)	2,18	2,24	2,16	2,24

CNF: carbohidratos no fibrosos. NDT: nutrientes digestibles totales. EM: energía metabolizable.

* Adaptado con NRC, 2001.

Tabla 11. Calidad nutricional de forrajes en fincas de las microrregiones de los Valles de Ubaté Chiquinquirá y la Sabana de Bogotá

Indicadores	Baviera		Tibaitatá	
	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada
Materia seca (%)	17,60	17,62	24,00	16,00
Proteína cruda (%)	20,40	16,96	13,24	21,30
Pared celular (FDN, %)	60,49	58,26	69,90	53,50
CNF (%)	7,86	11,83	3,68	13,30
Lignina (%)	2,53	2,61	4,95	3,60
Extracto etéreo (%)	2,25	2,69	1,80	2,80
Cenizas (%)	8,96	10,39	11,00	9,00
Proteína en FDN (%PC)	60,49	32,54	36,16	24,93
Proteína en FDA (%PC)	27,28	3,18	16,93	7,10
NDT* (%)	59,10	60,10	51,90	61,50
E. M.* (Mcal/kg)	2,18	2,22	1,86	2,29

CNF: carbohidratos no fibrosos. NDT: nutrientes digestibles totales. EM: energía metabolizable.

* Adaptado con NRC, 2001.

De acuerdo con los resultados, la calidad nutricional de forrajes procedentes de praderas renovadas presentó incrementos importantes en los niveles de proteína cruda y carbohidratos no fibrosos, con disminución en el nivel de la pared celular, factor que determina mejores niveles de energía disponible para el animal. De manera similar,

los niveles de proteína en la pared celular y en la fibra detergente ácido presentaron alta variabilidad, con tendencia a incrementar la proteína utilizable (en FDN) y disminuir la no utilizable (en FDA), exceptuando dos explotaciones, donde las condiciones del suelo no fueron las ideales. Este factor y los niveles relativamente altos de nitrógeno soluble obtenidos hacen necesaria la revisión periódica de los niveles de energía en la dieta, para optimizar la utilización de estas fuentes de nitrógeno.

Teniendo como base los resultados del fraccionamiento de nutrientes para cada uno de los forrajes (renovado y testigo) de cada finca, y utilizando el *Sistema de carbohidratos y proteína neta de Cornell*, se puede observar el potencial de producción láctea esperado para cada forraje (parte superior de la Tabla 12). En este sentido, si las vacas solo consumieran forraje, la producción láctea esperada sería siempre superior con los forrajes de praderas renovadas (por su mejor calidad nutricional); sin embargo, la energía disponible seguiría siendo insuficiente para alcanzar el nivel de producción sugerido (20 litros/vaca), originando un balance energético negativo (inferior para las praderas renovadas) que se reflejaría en una pérdida de la condición corporal (menor para las praderas renovadas).

Tabla 12. Potencial de producción y balance de dietas** con praderas del Alto Chicamocha

Indicadores	Finca 1		Finca 2	
	Pradera testigo	Pradera renovada	Pradera testigo	Pradera renovada
Pradera (kgMS)	16,30	16,30	16,30	16,30
Leche (L/vaca/día)	16,50	17,60	15,00	16,70
Balance de energía (McalEM/d)	- 3,70	- 2,50	- 5,30	- 3,50
Condición corporal (kg/v/d)	- 0,454	- 0,311	- 0,657	- 0,434
Pradera (kgMS)	13,35	14,10	13,70	14,30
Suplemento (kgMS)	2,70	2,10	2,50	1,90
Leche (L/vaca/día)	20,0	20,0	20,0	20,0
Balance de energía (McalEM/d)	0,00	0,00	0,00	0,00
Condición corporal (kg/v/d)	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor dieta (\$/vaca/día)	3.983	3.483	5.391	4.960
Valor leche* (\$/vaca/día)	16.000	16.000	16.000	16.000

*Se asume un valor de \$800/L leche para efecto de comparación.

**Sistema de carbohidratos y proteína neta de Cornell (CNCPS)

3.5. Costos del proceso de renovación

En las tablas 13, 14 y 15 pueden apreciarse los costos del proceso de renovación en las diferentes fincas demostrativas, con las variaciones registradas en los diferentes rubros.

Tabla 13. Costos del proceso de renovación en explotaciones lecheras del Alto Chicamocha (a octubre de 2012)

Indicadores	\$/unidad	Hato Bonito		San Rafael	
		Unidad	Total (\$)	Unidad	Total (\$)
Análisis			136.000		136.000
Suelo (químico-físico)	136.000	1	136.000	1	136.000
Maquinaria			337.500		467.500
Desbroce	42.500	2,5	112.500	3	127.500
Renovador	42.500	3	135.000	3	127.500
Roto recta (rastrillo)	42.500	2	90.000	5	212.500
Correctivos			1.120.300		958.320
Sulfato magnesio (bult)	39.000	0,5	19.500	0,5	19.500
Materia orgánica (bult)	12.000	50	600.000	50	600.000
Nitrón (bult)	49.000	1,5	73.500	1,5	73.500
Boro (bult)	130.000	0,1	13.000	0,1	13.000
10-30-10 (bult)	84.100	3,0	252.300	3	252.300
Cal (bult)	8.100	20	162.000		
Semillas			490.576		490.576
Raigrás bóxer (kg)	10.600	12	127.200	12	127.200
Raigrás sterling (kg)	14.700	10	147.000	10	147.000
Azul orchoro (kg)	14.000	8	112.000	8	112.000
Trébol rojo (kg)	16.686	4	66.744	4	66.744
Trébol blanco (kg)	18.816	2	37.632	2	37.632
Mano de obra			140.000		140.000
Jornales	35.000	4	140.000	4	140.000
Total renovación			2.224.376		2.192.376

La mayor variabilidad de costos se presentó en el rubro correspondiente a correctivos, ya que el tipo y cantidad de insumos fueron determinados por las características químicas y físicas del suelo en cada una de las fincas. Como puede observarse, la materia orgánica fue recomendada para todas las fincas localizadas en la microrregión del Alto Chicamocha y para una finca de la microrregión de Ubaté-Chiquinquirá, mientras que la utilización de cal solo fue recomendada para algunas explotaciones.

Los gastos efectuados en maquinaria fueron similares en las diferentes explotaciones, por cuanto las condiciones de compactación y características de los suelos correspondientes a las explotaciones del Alto Chicamocha, exceptuando la finca Usamenita, eran similares. Adicionalmente, en esta finca no se utilizó desbrozadora por las condiciones de la pradera al momento de la intervención, la cual presentaba un forraje poco denso y de muy baja altura, mientras que en las fincas Hato Bonito y Santa Inés el roto de cuchilla recta fue reemplazado por rastrillo californiano sin traba, cambios que originaron diferencias en los gastos por maquinaria.

Tabla 14. Costos del proceso de renovación en explotaciones lecheras del Alto Chicamocha (a octubre de 2012)

Indicadores	\$/unidad	Santa Inés		Usamenita		Testigo *	
		Unid	Total (\$)	Unid	Total (\$)	Unid	Total (\$)
Análisis			136.000		136.000		
Suelo (químico-físico)	136.000	1	136.000	1	136.000		
Maquinaria			340.000		340.000		270.000
Desbroce	42.500	3	127.500				
Renovador	42.500	3	127.500	3	127.500	4	180.000
Roto recta (rastrillo)	42.500	2	85.000	5	212.500	2	90.000
Correctivos			982.800		327.500		201.000
Sulfato magnesio (bult)	39.000	0,5	19.500	0,2	14.000		
Materia orgánica bult)	12.000	50	600.000	20	240.000	10	120.000
Nitrón (bult)	49.000	2	98.000	1,5	73.500		73.500
Boro (bult)	130.000	0,1	13.000				
10-30-10 (bult)	84.100	3,0	252.300			2	168.200
Cal (bult)	8.100					10	81.000
Semillas			490.576		490.576		318.000
Raigrás bóxer (kg)	10.600	12	127.200	12	127.200	30	318.000
Raigrás sterling (kg)	14.700	10	147.000	10	147.000		
Azul orchoro (kg)	14.000	8	112.000	8	112.000		
Trébol rojo (kg)	16.686	4	66.744	4	66.744		
Trébol blanco (kg)	18.816	2	37.632	2	37.632		
Mano de obra			140.000		140.000		70.000
Jornales	35.000	4	140.000	4	140.000	2	70.000
Total renovación			2.089.376		1.434.076		859.200

En las fincas demostrativas de la microrregión de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá también se presentaron diferencias en los correctivos recomendados, por las diferencias registradas en los resultados de los análisis de suelos; de esta manera, en la finca Baviera no se utilizó materia orgánica, uno de los insumos que originó mayores incrementos en los gastos por este rubro.

A pesar de los cambios mencionados anteriormente, los costos totales de renovación presentaron una tendencia similar, con ligeras diferencias entre fincas demostrativas, lo que es explicable por la variabilidad en los diferentes rubros.

3.6. Costos de producción del forraje

Para determinar el valor del forraje producido se deben incluir todos los gastos realizados en la pradera y el forraje total producido durante un periodo determinado; de esta manera, es necesario incluir el valor total de la renovación, incluyendo análisis de suelo y los gastos realizados para garantizar el manejo de la pradera durante el periodo

considerado (gastos de mantenimiento), el cual garantiza la productividad y la sostenibilidad de la misma.

Sin embargo, de acuerdo con las características del suelo y del manejo particular de la pradera, el proceso de renovación puede realizarse a intervalos que varían entre 18 y 24 meses, razón por la cual los costos del proceso deben diferirse al periodo real utilizado en cada explotación. Por otra parte, es necesario considerar los gastos de mantenimiento de cada pradera durante ese periodo y los relacionados con el uso de la tierra, para obtener así los costos totales de la producción de forraje.

Tabla 15. Costos del proceso de renovación en explotaciones lecheras de Ubaté-Chiquinquirá (a octubre de 2012)

Indicadores	\$/unidad	Marsella		Saboyá		Baviera	
		Unid	Total (\$)	Unid	Total (\$)	Unid	Total (\$)
Análisis			136.000		136.000		136.000
Suelo (químico-físico)	136.000	1	136.000	1	136.000	1	136.000
Maquinaria			495.000		340.000		340.000
Desbroce	42.500	3	*112.500	3	127.500	3	127.500
Renovador	42.500	3	*135.000	3	127.500	3	127.500
Roto recta (rastrillo)	42.500	5	*90.000	2	85.000	2	85.000
Correctivos			437.500		586.000		286.900
Sulfato magnesio(bult)	39.000	1	39.000	0,5	19.500		
Materia orgánica (bult)	12.000			40	480.000		
Nitrón (bult)	49.000	3	147.000	1,5	73.500		
Boro (bult)	130.000			0,1	13.000		
10-30-10 (bult)	84.000						
Cal (bult)	8.100	20	162.000				
DAP (bult)	89.500	1	89.500			2	179.000
Cloruro potasio(bult)	99.000					0,5	49.500
Urea	58.400					1	58.400
Semillas			490.576		490.576		490.576
Raigrás bóxer (kg)	10.600	12	127.200	12	127.200	12	127.200
Raigrás sterling (kg)	14.700	10	147.000	10	147.000	10	147.000
Azul orchoro (kg)	14.000	8	112.000	8	112.000	8	112.000
Trébol rojo (kg)	16.686	4	66.744	4	66.744	4	66.744
Trébol blanco (kg)	18.816	2	37.632	2	37.632	2	37.632
Mano de obra			140.000		140.000		140.000
Jornales	35.000	4	140.000	4	140.000	4	140.000
Total renovación			1.699.076		1.692.576		1.393.476

* Valor de la hora máquina: \$45.000.

Tal como se mencionó anteriormente, el pastoreo de las praderas renovadas se realizó entre 65 y 70 días después de la intersembría, y el periodo de descanso entre el primer y segundo pastoreo osciló entre 45 y 58 días; adicionalmente, la fertilización

de mantenimiento, acorde con los resultados de los análisis de suelos, fue aplicada en todas las praderas después de cada pastoreo.

Teniendo en cuenta las afirmaciones anteriores, se consideró un año como el periodo efectivo de renovación y dos los ciclos de pastoreo para la aplicación de la fertilización de mantenimiento. De esta manera, los costos de renovación y los de uso de la tierra fueron diferidos al periodo mencionado (un año), aplicándolos luego a los dos pastoreos monitoreados (Tablas 16 y 17).

Tabla 16. Estimación de los costos de producción de forraje en explotaciones del Alto Chicamocha

Indicadores	Hato Bonito	San Rafael	Santa Inés	Usamenita
Costos directos				
Renovación (\$/ha/6 pastoreos)	2.224.376	2.192.376	2.089.376	1.708.276
Renovación (\$/ha/2 pastoreos)	741.459	730.792	696.459	569.425
Mantenimiento (\$/ha/2 past.)	375.951	374.836	352.000	584.344
Fertilizantes (\$/ha/2 pastoreos)	290.951	289.836	267.000	*459.344
Fertilización (\$/ha/2 pastoreos)	85.000	85.000	85.000	125.000
Costos indirectos				
Uso de la tierra (\$/año)	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
Uso de la tierra (\$/2 pastoreos)	300.000	300.000	300.000	300.000
Costos totales (\$/2 pastoreos)	1.417.410	1.405.628	1.348.459	1.453.769
Forraje verde (kg/ha 2 past.)	57.260	57.220	29.280	70.740
Costo del forraje verde (\$/kg)	24,7	24,6	46,0	20,5
Costo del forraje seco (\$/kg)	145,3	134,5	270,6	120,5

* Incluye el valor de resiembra parcial del lote.

Aunque los costos totales del proceso de renovación no presentaron diferencias importantes entre las fincas del Alto Chicamocha, la variación en la producción de forraje en los dos pastoreos (explicada anteriormente), sí originó algunas diferencias en los costos por unidad de forraje producido.

Al igual que en las fincas del Alto Chicamocha, en las fincas de Ubaté-Chiquinquirá las variaciones obtenidas en la producción de forraje determinaron diferencias en los costos por unidad de forraje producido. Aunque el manejo tradicional del productor (testigo general, Tabla 17) involucró una menor inversión por análisis, maquinaria e insumos, resultando en un costo relativamente menor, la menor producción de forraje durante el periodo monitoreado originó mayores costos de producción por unidad de forraje, con relación a los obtenidos en las praderas renovadas (Tabla 17).

Tabla 17. Estimación de los costos de producción de forraje en explotaciones de Ubaté-Chiquinquirá

Indicadores	Marsella	Saboyá	Baviera	Testigo general
Costos directos				
Renovación (\$/ha/6 pastoreos)	1.699.076	1.692.576	1.393.476	859.000
Renovación (\$/ha/2 pastoreos)	566.358	564.192	464.492	286.333
Mantenimiento (\$/ha/2 past.)	274.100	274.100	266.967	349.333
Fertilizantes (\$/ha/2 pastoreos)	189.100	189.100	181.967	264.333
Fertilización (\$/ha/2 pastoreos)	85.000	85.000	85.000	85.000
Costos indirectos				
Uso de la tierra (\$/año)	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
Uso de la tierra (\$/2 pastoreos)	300.000	300.000	300.000	300.000
Costos totales (\$/2 pastoreos)	1.140.458	1.138.292	1.031.459	935.666
Forraje verde (kg/ha 2 past.)	44.250	64.600	50.590	35.756
Costo del forraje verde (\$/kg)	25,8	17,6	20,4	26,2
Costo del forraje seco (\$/kg)	147,4	108,6	121,4	158,8

En general, los valores obtenidos para el kilogramo de forraje producido son relativamente bajos al compararlos con los forrajes henificados y/o forrajes ensilados que se compran en las diferentes explotaciones, resultado que confirma la necesidad e importancia del manejo de praderas para obtener forrajes de alta calidad a precios relativamente bajos, factor determinante para la productividad y la competitividad de las explotaciones.

3.7. Otros indicadores de manejo

Para resaltar aún más la importancia de la producción de forrajes, especialmente bajo pastoreo, es necesario monitorear diferentes indicadores de manejo y productividad de la explotación, para determinar su influencia sobre estos indicadores y su relación con la competitividad del plantel. En este sentido, las Tablas 18 y 19, y la Figura 22 presentan los principales indicadores monitoreados en el presente proyecto, relacionados con los procesos de renovación de praderas.

El proceso de renovación incrementó de manera importante el forraje seco disponible en la pradera, indicador asociado con la mayor producción de forraje verde, y originó una menor pérdida de forraje (reducción del forraje residual), lo cual permite concluir que la pradera pueda mantener un mayor número de animales por unidad de superficie (mayor carga animal). Este fenómeno puede observarse en las diferentes explotaciones monitoreadas del Alto Chicamocha (Tabla 18 y Figura 22), como en las correspondientes a Ubaté-Chiquinquirá (Tabla 19 y Figura 22) y constituye un indicador

de importancia para incrementar la productividad de la explotación (mayor producción láctea por unidad de superficie).

Tabla 18. Indicadores del manejo de praderas del Alto Chicamocha (2 pastoreos)

Indicadores	San Rafael		Hato Bonito		Santa Inés		Usamenita
	T	R	T	R	T	R	R
Forraje verde (kg/ha)	48.880	57.220	41.360	57.260	27.760	29.820	70.740
Materia seca (%)	17,7	18,3	17,7	17,04	16,6	16,4	17,9
Forraje seco (kg/ha)	8.660	10.491	7.337	9.761	4.608	4.877	12.682
Forraje residual (%)	41,3	24,1	18,1	16,5	29,3	13,4	23,8
F.S. disponible (kg/ha)	5.039	7.960	6.007	8.156	3.266	4.224	9.826
Carga (vacas/ha)	2,6	4,1	3,1	4,2	1,7	2,2	5,0
Animales (Vacas)	20	20	20	20	26	26	27
Ocupación (días/ha)	7,2	12,2	4,6	6,3	3,7	5,0	11,1

R: pradera renovada. T: pradera testigo.

Tabla 19. Indicadores del manejo de praderas de Ubaté-Chiquinquirá (2 pastoreos)

Indicadores	Marsella		San Gregorio		Baviera		Tibaitatá*	
	T	R	T	R	T	R	T	R
Forraje verde (kg/ha)	17.340	44.250	40.700	64.600	38.500	50.590	11.400	26.350
Materia seca (%)	16,6	14,0	16,8	15,8	16,2	16,3	21,9	15,8
Forraje seco (kg/ha)	2.886	6.215	6.827	10.178	6.243	8.246	2.497	4.163
Forraje residual (%)	31,0	33,0	27,5	23,0	28,1	21,7	36,0	23,2
F.S. disponible (kg/ha)	1.979	4.171	4.948	7.835	4.488	6.465	1.598	3.139
Carga (vacas/ha)	1,5	3,2	2,5	4,0	2,3	3,3	1,7	3,2
Animales (Vacas)	40	40	80	80	40	40	63	63
Ocupación (días/ha)	1,6	3,2	1,9	3,0	3,4	4,9	1,6	3,1

* Un pastoreo.

R: pradera renovada. T: pradera testigo.

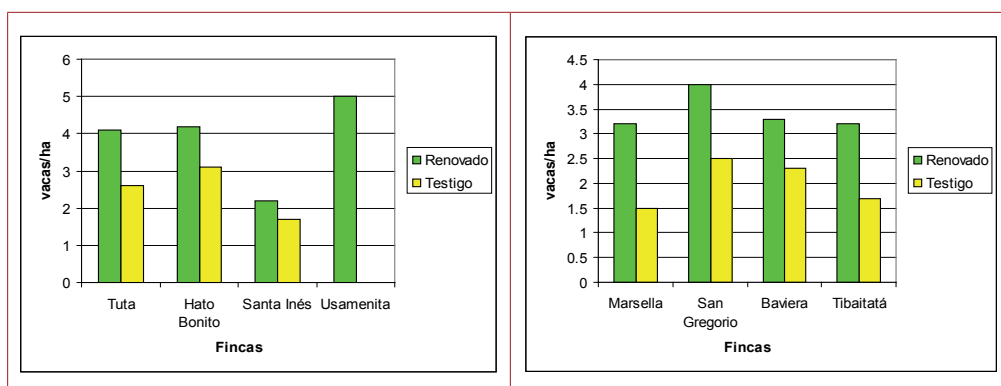


Figura 22. Efecto del proceso de renovación de praderas sobre la carga animal en explotaciones lecheras de Cundinamarca y Boyacá.

Aunque el forraje residual presenta alta variabilidad en las diferentes explotaciones monitoreadas, también es clara su tendencia a disminuir en las praderas renovadas, resultado explicable por la remoción del material inerte y/o lignificado durante el proceso y por una mayor diversidad obtenida.

Como la carga animal de las explotaciones lecheras de trópico alto generalmente es fija, la mayor producción de forraje y el menor forraje residual obtenido en las praderas renovadas, permiten un mayor periodo de ocupación por unidad de superficie, sin detrimento del consumo de materia seca, (Tablas 18 y 19), generando excedentes de forraje que permitirían alimentar un mayor número de animales y/o conservar esos excedentes para mantener la carga durante periodos críticos (periodos secos o con exceso de lluvia).

Por otra parte, el incremento en calidad nutricional del forraje y la inclusión de este indicador en la implementación de dietas balanceadas, acordes con el estado fisiológico y el nivel productivo de los animales, permitiría una reducción de los costos de suplementación (Tabla 12), incrementando de esta manera la competitividad de las explotaciones.

Debe resaltarse la importancia de obtener altas producciones de forraje por unidad de superficie, ya que a mayor productividad se obtiene un menor costo de producción de forraje (por kilogramo de forraje verde y/o seco), que asociado con la mejor calidad nutricional obtenida, origina un menor costo de alimentación (menor nivel de suplementación, comparado con el nivel que normalmente se ofrece en finca), determinando así menores costos de producción láctea.

Finalmente, es importante considerar las altas variaciones que se presentan en el manejo de praderas: número de lotes en la explotación, número de vacas en producción, leche producida y niveles de suplementación (Tabla 20), características inherentes al área de la finca, variación climática, tradición del productor y administrador, disponibilidad de capital y manejo de la alimentación y la suplementación. Por estas evidencias, los diferentes eventos de transferencia realizados durante el proyecto se enfocaron en la importancia de mantener una alta disponibilidad y calidad nutricional de forrajes con bajo costo relativo, que con el aporte o suplementación de los nutrientes deficientes en el forraje, garanticen el consumo de materia seca y de nutrientes necesarios para obtener producciones lácteas acordes con el potencial genético, a unos costos competitivos. Adicionalmente, la mayor disponibilidad de forraje se relaciona directamente con la alta carga animal, indicador que incrementa la productividad por unidad de superficie, garantizando la sostenibilidad de las explotaciones.

En este sentido, los procesos de recuperación de suelos y renovación de praderas adquieren relevancia y deben constituir prácticas indispensables en todas las explotaciones lecheras competitivas y sostenibles.

Tabla 20. Indicadores generales de manejo y suplementación en las fincas seleccionadas

Finca	Lotes	Descanso (días)	Ocupación (días)	Vacas	Leche (L/v/d)	Suplemento (k/v/d)
Hato Bonito	6	31 – 62	2 – 9	15 – 23	18 – 19	6,0
San Rafael	14	38 – 65	2 – 7	18 – 21	18 - 19	4,5 + L
Santa Inés	17	37 – 60	2 – 6	25 – 28	14 - 16	3,5 + E
Usamenita	15	40 – 62	2 – 5	25 - 30	17 - 18	3,0 + E
Marsella	22	40 – 67	2 – 6	35 – 41	11,5 – 13,0	5,0
Saboyá	26	36 – 62	2 – 10	70 – 85	17 – 18	4,5 + E
Baviera	27	32 – 64	2 – 7	34 – 50	16 – 18,5	5,5
Tibaitatá	14	40 – 68	3 – 10	56 - 72	16 - 17	4,0

L: levadura. E: ensilaje.

3.8. Calidad láctea

La composición láctea está determinada por diferentes factores, predominando los genéticos (55%), mientras que los nutricionales, fisiológicos y sanitarios son responsables del 45% restante.

El contenido de proteína es el componente lácteo más determinante de la competitividad de los sistemas de producción lechera especializada, y el de mayor énfasis en los últimos años dentro de los esquemas de pago de leche al productor. Sin embargo, su nivel en estos sistemas es aún muy bajo, afectando las bonificaciones por este concepto.

Los procesos de renovación de praderas también presentaron resultados de interés, a nivel de tendencia, en la composición de la leche cruda obtenida en las fincas demostrativas del proyecto, al comparar los análisis realizados antes y después del proceso de renovación. En praderas no renovadas la leche presentó promedios de 2,9, 10,91 y 2,89 para grasa, sólidos no grasos (SNG) y proteína, respectivamente; estos valores se incrementaron cuando las vacas pastorearon las praderas renovadas, con un incremento de 0,58, 0,96 y 0,2 unidades porcentuales para grasa, SNG y proteína, respectivamente.

La relación proteína/grasa en la leche de vacas pastoreando praderas testigo presentó un coeficiente de 0,99 (superior al normal), resultado atribuido a valores relativamente bajos de grasa y proteína en leche, relacionados con dietas sin el balance ideal entre energía y proteína; la mayor disponibilidad de forraje y el mejor nivel de energía fermentable de las praderas renovadas permitió un mayor consumo y un mejor balance de la dieta, presentando una mejor relación proteína/grasa (0,883), valor cercano al ideal, confirmando la bondad del proceso de renovación sobre la calidad nutricional del forraje obtenido y, en consecuencia, sobre la calidad composicional del producto lácteo.

4. Referencias bibliográficas

- Abaunza, C.; Terán, C.; Bolaños, M. & Galindo, J. (2011). *Recomendaciones sobre manejo de suelos*. Ola Invernal. Tecnologías para recuperar el sector agropecuario. Bogotá, Colombia: Corpoica – MADR. 14 p.
- Alarcón, C.; Dörner, J.; Dorota, D.; Balocchi, O. & López, I. (2010). Efecto de dos intensidades de pastoreo sobre las propiedades hidráulicas de un andisol (*duric hapludand*). En: *Agro Sur*. Vol. 38(1). Pp. 30-40.
- Álvarez, J. (2005). *Textura, estructura del suelo, estabilidad estructural y degradación de suelos*. Edafología y química agrícola. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena. Revisado en diciembre 2007.
- Arreaza, L.C.; Franco, A. Mateus, H.; Barros, J.; Sánchez, L.; Pérez, O. & Pardo, O. (2005). *MEP-2. Manejo Experto de Praderas*. Sistema de Ayuda para la administración de praderas. Manual. Bogotá, Colombia: Corpoica-MADR. 29 p.
- Burbano O., H. & Silva M., F. (2010). Ciencia del suelo, principios básicos. En: Lora S., R; Valenzuela B., I.G. & Torrente T., A. *Propiedades químicas y físicas del suelo*. Pp 73-139.
- Cuesta, P. (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. En: *Revista Corpoica*. Vol. 6 No. 2, julio – diciembre de 2005. Bogotá, Colombia. Pp. 5-13.
- Cuesta M., P.A. & Villaneda V., E. (2005). El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En: *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos*. Pp. 1-12.
- Cuesta, P.A. & Mila, A. (2002). Renovación y manejo de praderas degradadas del trópico alto. En: *Plan de modernización tecnológico de ganadería bovina colombiana*. Programa Nacional de Nutrición Animal. Bogotá, Colombia: C.I. Tibaitatá. Corpoica. MADR, Fedegán. Iza, Chiquinquirá. Diciembre de 2002. Pp. 26-31.
- Estrada A., J. (2002). *Pastos y forrajes para el trópico colombiano*. Manizales: Universidad de Caldas. 506 p.
- Hernández, L.A. (1992). Renovación de praderas improductivas. En: *Pastos y forrajes para Colombia*. Suplemento ganadero. 3ª. ed. Pp. 59-63.
- Hoyos, P.; García, O. & Torres, M. (1995). Método de disponibilidad por frecuencia (MDF). En: *Manejo y utilización de pasturas en suelos ácidos de Colombia*. Unidad de aprendizaje para la capacitación en tecnologías para la producción de pastos. No. 4. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pp. 2006.
- Lau, Ch.; Jarvis, A. & Ramirez, J. (2011). *Agricultura colombiana: adaptación al cambio climático*. Cali, Colombia: CIAT. Políticas en síntesis No.1. Mayo de 2011. 4 p.
- Lotero, J. & Rodríguez, R. (1968). Características físicas y químicas de los suelos. En: *Curso de suelos, pastos y ganadería para el Valle del Cauca*. Palmira, Colombia: ICA, Boletín Técnico No. 4. 10 p.

- Lozano, F. (2004). *Nuevos conceptos y estrategias para la renovación de praderas degradadas en el trópico alto colombiano*. Primera reunión de la red temática de recursos forrajeros. Junio de 2004. Mosquera, Colombia: C.I. Tibaitatá.
- Mila, A. & Lozano, F. (2004). *Nuevos conceptos y estrategias para la renovación de praderas degradadas en el trópico alto colombiano*. Primera reunión de la red temática de recursos forrajeros. Junio de 2004. Mosquera, Colombia: C.I. Tibaitatá.
- Mila, A. & Corredor, G. (2004). Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. En: *Revista Corpoica*. Vol. 5. N°1. Octubre de 2004. Pp. 70–76.
- Montenegro, H. & Malagón, D. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá, Colombia: IGAC. 813 p.
- Mott, G. O. (1960). *Grazing Pressure and the Measurement of Pasture Production*. Proc. 8th. Int. Grassld. Congr. Pp. 606-611.
- Noreña, J.M. (2011). Rehabilitación de praderas degradadas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst) con equipos de labranza vertical. En: *Revista Colanta Pecuaria*. Edición No. 33. Pp. 29-38.
- Noreña, J.M. (2011). Criterios para la evaluación de praderas degradadas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov). En: *Revista Despertar lechero*. Edición No. 30. Medellín. Pp. 9-16.
- Rucks, L.; García, F.; Kaplan, A.; Ponce, J. & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas de los suelos*. Facultad de Agronomía. U. de la República. Montevideo, Uruguay. 68 p.
- Russell, J.B.; O'connor, J.D.; Fox, D.G.; Van Soest, P.J. & Sniffen, C.F. (1992). A net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: I. Ruminant Fermentation. *J. Anim. Sci.* N° 70. Pp. 3551-3561.
- Sánchez, L.; Murcia, G.; Londoño, C.; Benavides, J.C.; Castillo, J.; Torres, D. & Pedraza, R. (2012). *Fomento de tecnologías de recuperación de suelos y renovación de praderas para contribuir al mejoramiento de la productividad y competitividad de los sistemas de producción de leche del altiplano cundiboyacense*. Bogotá, Colombia: Corpoica – MADR. Informe final de proyecto. 73 p.
- Sánchez, L. & Villaneda, E. (2009). *Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano*. Corpoica, Colciencias, Fedegán. Bogotá, Colombia: Produmedios. 23 p.
- Sniffen, C.J., O'connor, J.D., Van Soest, P. r., Fox, D.G. & Russell, J.B. (1992). A net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: II. Carbohydrate and Protein Availability. *J. Anim. Sci.* N° 70. Pp. 3562-3577.
- Volverás B. & Amézquita E. (1998). Estabilidad estructural del suelo bajo diferentes sistemas y tiempo de uso en laderas andinas de Nariño, Colombia. [En línea] (www.corpoica.org.co). Recuperado: septiembre de 2012.
- Yamandú M. & Acosta, A. (2008). *Alimentación y sólidos en leche*. Montevideo, Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), La Estanzuela. Programa Nacional de Lechería.




ANEXOS



Anexo 1. Plantilla para estimar la disponibilidad y composición botánica de una pradera

DISPONIBILIDAD FORRAJE — (FRECUENCIA - AFORO)

		Fecha: Finca: Municipio: Departamento: m.s.n.m.: Área: No. Animales:	
Gráfico del Lote No.		Producción de Forraje (g)	
MS muestra (grs)		Frec	
Peso FV (g)		Peso X Frecuencia	
Peso MS (g)		1	
1ro.		2	
2do.		3	
3ro.		4	
4to.		5	
5to.		Total	
COMPOSICIÓN BOTÁNICA - COBERTURA (%)		Promedio	
1ro.		0,5 m2	
2do.		1 m ²	
3ro.		Total FV/ha	
4to.		Total MS/ha	
5to.		Cobertura:	
1.		4.	
2.		5.	
3.		COMPOSICIÓN BOTÁNICA(%)	
1ro.		2do.	
3ro.		4to.	
5to.		5to.	
ESCALA			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

Anexo 2. Indicadores físicos del suelo de praderas antes del proceso de renovación, en fincas de las regiones Valles de Ubaté Chiquinquirá y Alto Chicamocho. 2011

Finca	Densidad (g/cm ³)		Total	Porosidad (%)			Retención de Humedad
	Aparente	Real		Macroporos	Mesoporos	Microporos	
1. Marsella (Simijaca)	0.53	2.29	62.52	1.92	6.21	54.39	4.14
2. Baviera (San Miguel)	0.22	1.46	76.03	4.26	12.45	59.33	7.52
3. San Gregorio (Saboya)	1.16	2.31	46.84	1.94	6.12	38.77	3.91
4. San Rafael (Tuta)	1.17	2.30	48.99	5.66	6.17	37.16	3.94
5. Hato Bonito (Duitama)	1.34	2.36	43.31	-5.39	4.67	43.94	4.52
6. Santa Inés (Paipa)	1.22	2.25	44.46	0.0	5.50	39.18	4.16
7. Usamenita (Iza)	1.25	2.37	47.12	5.81	6.17	35.13	3.90

Anexo 3. Estabilidad estructural del suelo (%) en praderas de fincas de las regiones Valles de Ubaté Chiquinquirá y alto Chicamocha

Finca	Tamaño de partículas (mm)							DPM (mm)
	4	2	1	0.5	0.25	<0.25		
1. Marsella (Simijaca)	13.95	25.66	22.50	17.11	10.84	9.94	2.13	
2. Baviera (San Miguel)	11.03	16.13	14.80	15.47	8.98	33.59	1.56	
3. San Gregorio (Saboya)	15.88	21.93	17.98	15.00	9.77	19.44	2.05	
4. San Rafael (Tuta)	25.56	18.37	13.96	7.95	4.07	30.09	2.41	
5. Hato Bonito (Duitama)	1.34	2.36	43.31	-5.39	4.67	43.94	4.52	
6. Santa Inés (Paipa)	1.22	2.25	44.46	0	5.50	39.18	4.16	
7. Usamenita (Iza)	1.25	2.37	47.12	5.81	6.17	35.13	3.9	

Anexo 4. Indicadores químicos del suelo de praderas antes del proceso de renovación, en fincas de las regiones Valles de Ubaté Chiququirá y Alto Chicamocho. 2011

Finca	Textura	pH	MO (%)	P (%)	S (%)	Elementos de cambio						C.E. (dS/m)	Elementos menores (mg/kg)				
						Al	Ca	Mg	K	Na	CICE		Fe	Cu	Mn	Zn	
1	Limosa	4.9	29.6	14.6	127.5	0.8	8.8	1.97	0.7	0.4	12.9	1.5	672	7.7	35.2	12.2	0.7
2	Compost	5.9	64.5	16.5	30.5	0	32.2	4.7	0.2	0.1	37.4	0.5	70	0.7	9.8	9.1	0.4
3	F.Arcilloso	5.5	5.6	72.2	17.2	0	3.4	1.5	0.5	0.07	5.5	0.16	1340	1.8	10.1	6.9	0.22
4	F.Arcilloso	5.8	3.11	23.6	10.1	0	4.3	0.9	0.3	0.42	6.0	0.28	981	3.5	11.4	4.9	0.15
5	F.Arcilloso	5.6	3.26	32.3	50.4	0.8	5.8	1.67	0.8	0.5	8.9	0.35	1180	3.2	113	12	0.19
6	F.Arcilloso	6.3	2.74	22.2	24.7	0	8.9	1.42	0.31	0.47	11.2	0.38	625	3.0	11.7	7.2	0.33
7	Arcilloso	6.7	8.25	64.8	156.3	0	11.12	4.56	1.19	8.8	25.7	2.18	545	2.8	13.5	12.2	0.9



Producción editorial:
Diagramación, impresión y encuadernación



Tel: 893 7710 Bogotá, DC, Colombia

www.produmédios.org



MinAgricultura
Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural



**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



BAC
BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Correo: bac@corpoica.org.co
Teléfono: (57 1) 4 227300 ext. 1257 o 1274
Skype: biblioteca.agropecuaria

www.corpoica.org.co

ISBN: 978-958-740-131-8



9 789587 401318