

Evaluación de biofertilizantes en las praderas del departamento del Cauca





**Evaluación de biofertilizantes
en las praderas del
departamento del Cauca**

FUNDACIÓN ALPINA

2014

Este estudio fue elaborado por:

Moralba Inés Pino Molano
Ingeniera agropecuaria
Universidad del Cauca / UC

Juan José Bravo Ordóñez
Ingeniero agropecuario
UC

Fredy Javier López Molina, MVZ; M.Sc
Profesor titular, Facultad de
Ciencias Agropecuarias
UC

Nelson José Vivas Quila, M.Sc
Profesor titular, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UC

Andrés Felipe Joaqui Astaiza
pasante de Ingeniería Agropecuaria
UC

Con la colaboración de la Fundación Alpina:

Noé Mazabuel
José Manuel Vela
Daniel García
Jessica Stephenson

Agradecimientos

Saúl Quipó

Raymundo Realpe

Claudia Satizábal

Gonzalo Parra

Bernardo Marín

Sori Pizo

Asociación de Productores Lácteos de
Guachicono (ASPROLAG), municipio
de La Vega (Cauca) y a su presidente,
señor Arles Jiménez

Cabildo indígena de Guachicono,
municipio de La Vega (Cauca) y a su
gobernador, señor Ferley Quintero

Primera edición: Bogotá, enero de 2014

© Fundación Alpina

Carrera 63 14-97 Bogotá © 423 8600 Ext. 1063

www.fundacionalpina.org

Derechos reservados. Este material puede utilizarse citando la fuente.

Hecho el depósito legal. Impreso en Colombia

<i>Presentación</i>	9
Introducción	11
1 Generalidades	
La ganadería en Colombia	13
La ganadería en el departamento del Cauca	14
Fertilización biológica	14
2 Evaluación de biofertilización en las praderas de la meseta de Popayán	
Descripción del área de estudio	22
Metodología del ensayo	24
Resultados	34
3 Evaluación de biofertilización en las praderas del resguardo indígena de Guachicón	
Descripción del área de estudio	44
Metodología del ensayo	45
Resultados	47
4 Conclusiones generales	55
<i>Bibliografía</i>	57

Tabla 1	Insumos para preparar 200 litros de biofertilizante	19
Tabla 2	Áreas de estudio definidas por fincas y predominio de pastos existentes	25
Tabla 3	Tratamientos a evaluar	25
Tabla 4	Dosis por tratamiento en Marianella	31
Tabla 5	Dosis por tratamiento en Rancho Grande	31
Tabla 6	Dosis por tratamiento en Loma Larga	32
Tabla 7	Dosis por tratamiento en Tabor	32
Tabla 8	Dosis por tratamiento en La Isabela	32
Tabla 9	Resultados de producción de forraje en Marianella (gramos por m ²)	34
Tabla 10	Resultados de producción de forraje en Rancho Grande (gramos por m ²)	35
Tabla 11	Resultados de producción de forraje en Loma Larga (gramos por m ²)	36
Tabla 12	Resultados de producción de forraje en Tabor (gramos por m ²)	37
Tabla 13	Resultados del análisis bromatológico del pasto kikuyo en Rancho Grande	38
Tabla 14	Costos de producción para 200 litros de biofertilizante	39
Tabla 15	Evaluación económica de tres diferentes tipos de fertilización durante cuatro pastoreos en pasto kikuyo (1 250 m ² /tratamiento) en Rancho Grande	40
Tabla 16	Producción de forraje verde por tratamiento y costo de producción de un kilo de forraje verde en Rancho Grande	42
Tabla 17	Producción de proteína relacionando la producción de biomasa y el contenido de materia seca	42
Tabla 18	Ingredientes y dosis de biofertilizante aplicados a las parcelas de las seis fincas del resguardo indígena de Guachicono	46

Gráfico 1	Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Marianella	34
Gráfico 2	Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Rancho Grande	35
Gráfico 3	Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Loma Larga	36
Gráfico 4	Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Tabor	37
Gráfico 5	Producción en gramos de forraje verde por m ² en La Esperanza con pasto falsa poa	48
Gráfico 6	Producción en gramos de forraje verde por m ² en La Playa con pasto falsa poa	49
Gráfico 7	Producción en gramos de forraje verde por m ² en Buena Vista con pasto kikuyo	50
Gráfico 8	Producción en gramos de forraje verde por m ² en Guachicono Centro con pasto kikuyo	51
Gráfico 9	Producción en gramos de forraje verde por m ² en Nueva Providencia con pastos kikuyo y falsa poa	52
Gráfico 10	Producción en gramos de forraje verde por m ² en Río Negro con pasto kikuyo	53

Presentación

La propuesta *Evaluación de biofertilizantes en las praderas del departamento del Cauca*, implementada en Popayán y en el resguardo indígena de Guachicono (municipio de La Vega), fue posible gracias al esfuerzo de la Fundación Alpina y al apoyo del Área de Mercadeo de Leche de Alpina y de la Planta de Popayán. Se buscó reducir los costos de la producción de leche mediante la mejora del rendimiento de las pasturas a partir del uso de biofertilizantes. Con un acompañamiento técnico permanente y la introducción de mejoras en las prácticas de manejo de praderas, se examinó la contribución que el uso de los biofertilizantes genera en la reducción de costos de producción y en la mitigación del deterioro de los suelos.

Así mismo, el proyecto buscó demostrar que mayores ingresos y una mayor producción y productividad no están exclusivamente ligados a disponer de más extensiones de tierra, sino a fortalecer un “nuevo ganadero” que es esencialmente un agricultor de pastos y productor de forrajes.

Otros beneficios probados con el uso de los biofertilizantes son la remediación biológica del suelo, el mejoramiento del estado sanitario del ganado, la reducción del tiempo de rebrote de las praderas y una mayor sensibilización frente a la problemática ambiental. Este proyecto abordó la productividad desde una mirada integral, pensando en la viabilidad y rentabilidad de los negocios para diferentes tipos de productores de la zona.

El proyecto se implementó en dos etapas, cada una con tres fases. En la primera etapa, los resultados indicaron la posibilidad de reducir costos hasta en un 35% para la fertilización de una hectárea de pradera. En la segunda se escalaron los tratamientos que presentaron un mejor resultado en la primera etapa y se dotó a los productores de tecnología de punta para la aplicación de fertilizantes, lo que permitió mejorar el rendimiento

y obtener una disminución de los costos tradicionales de fertilización en más de un 50%.

Entre los principales resultados alcanzados podemos mencionar:

- Aumento de la producción de forraje verde con el tratamiento de 100% biofertilizante en un 30% aproximadamente, frente al método tradicional de fertilización química. Además fue más eficiente en la producción de proteína cruda asimilable por los animales.
- La mezcla de fertilización biológica y química en proporción 50-50 fue la que presentó mayores cambios en la composición físico-química del suelo, favoreciendo su estructura, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de materia orgánica.
- El empleo de fertilizantes biológicos logró disminuir los costos hasta en un 40% frente a los métodos tradicionales.

Estos resultados permiten:

- Ofrecer opciones para que la actividad ganadera del pequeño y mediano productor campesino sea rentable bajo modelos más sostenibles en lo económico y ambiental.
- Fomentar la investigación y transferencia de conocimiento en tecnologías apropiadas para resolver factores críticos en la producción.
- Desarrollar tecnologías acordes con las escalas de producción y comercialización en el territorio.

La Fundación Alpina espera que esta experiencia y este documento se constituyan en insumo para el mayor uso y aplicación de tecnologías apropiadas y sostenibles, y en fuente de nuevos estudios e investigaciones sobre el tema, que cualifiquen la asistencia técnica a productores en aspectos de interés asociados con la gestión de sus unidades productivas.

EDUARDO DÍAZ URIBE

Director Ejecutivo de la Fundación Alpina

En las últimas décadas, la ganadería bovina ha tomado gran importancia para la economía del país, siendo hoy día imprescindible para el desarrollo sectorial y rural, así como para su seguridad alimentaria. No obstante, es cuestionada por su desempeño productivo, ineficiente y con un alto impacto ambiental. Por eso ha aumentado el interés por buscar alternativas que incrementen la eficiencia en la utilización de los recursos de la finca en armonía con el ambiente para que sea sostenible.

El rápido cambio tecnológico por el que atraviesa el mundo y la apertura mundial de las fronteras comerciales con los diversos tratados comerciales en el proceso de globalización de mercados han llevado a que la política agropecuaria del Gobierno nacional se enmarque en la innovación y la generación de valor agregado. El objetivo es lograr mayores niveles de productividad y competitividad frente a los mercados nacionales e internacionales. Además, el mercado de alimentos hoy en día exige al ganadero producir carne y leche en óptimas condiciones de inocuidad para los consumidores. Es por esto que se están desarrollando proyectos como el Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019 (Fedegán, 2006), que tiene metas ambiciosas relacionadas con el mejoramiento de la productividad por hectárea y por animal, y que implican hacer un uso eficiente y sostenible de los recursos disponibles en las empresas ganaderas para duplicar o triplicar los actuales indicadores productivos, que aporten algunos elementos para salir de la actual crisis que afronta el sector.

Precisamente, el uso eficiente de los recursos disponibles en las unidades ganaderas es una estrategia que, bien encaminada, puede generar impactos positivos en el balance global de los costos de producción. Tal es así que el insumo de fertilizantes es quizás el rubro de mayor peso

en los costos de producción. En consecuencia, toda alternativa que busque reducir los costos de fertilización y que adicionalmente contribuya al uso sostenible de los recursos es de enorme beneficio para el productor. Es por ello que en esta publicación se dan a conocer los resultados de dos trabajos de investigación realizados en conjunto por la Fundación Alpina y la Universidad del Cauca, en dos zonas agroecológicas diferentes del departamento del Cauca, Popayán y Guachicono. En estos se analizó el efecto de la aplicación de un fertilizante orgánico (biofertilizante) y su impacto en la producción de forraje verde en diferentes pasturas, buscando una alternativa que permita bajar los costos de producción y ser amigable con el ambiente.

Este documento se divide en tres partes: la primera corresponde a las generalidades del estudio con información común a los ensayos realizados, como son: contexto general de la ganadería en Colombia y en el departamento del Cauca, y explicación de qué es y cómo puede incidir la biofertilización en el manejo de praderas.

En la segunda se trata el estudio de caso y los resultados alcanzados en Popayán. Se evaluaron, de manera cualitativa y en relación con la fertilización biológica, la producción de biomasa, la composición nutricional y los costos de producción por hectárea, en contraste con la fertilización química tradicional.

La tercera parte del documento contiene la información referente al caso de estudio adelantado en unidades productivas del resguardo de Guachicono (municipio de La Vega), donde se evaluó de manera cuantitativa la incidencia de la biofertilización en el incremento de producción de biomasa en relación con la fertilización química tradicional.

Por último se presentan las conclusiones generales derivadas de ambos estudios, y la bibliografía relacionada.

La ganadería en Colombia

La ganadería bovina es importante en el desarrollo socioeconómico del país, ya que representa el 88% de la superficie agropecuaria nacional. Dicho sector ostenta una participación del 1,6% del PIB nacional –porcentaje apreciable para una actividad individual y, sobre todo, para una actividad rural–, 20% en el PIB agropecuario y 53% en el sector pecuario, generando un número significativo de empleos rurales.

La ganadería colombiana equivale a 2,5 veces el sector avícola, 3,3 veces el sector cafetero, 3,2 veces el sector floricultor, 4,9 veces el sector porcícola, 5,7 veces el sector bananero y 9 veces el sector palmicultor. Genera 950 000 empleos directos, que equivalen al 7% del total y 20% del sector agropecuario (Fedegán, 2011).

Por otra parte, según Fedegán, en 2010, la ganadería en Colombia sostuvo una capacidad de carga de 0,6 UGG por hectárea y una producción de leche de 3,1 litros por vaca al día, en una extensión de 38 millones de hectáreas, para un total de 22 540 251 animales.

Finalmente, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) estableció que de 1 730 000 predios dedicados a la actividad agropecuaria, cerca de 849 000, equivalentes al 49%, tienen algún grado de actividad ganadera, ratificando la gran importancia de esta actividad para el sector rural y, en general, para la economía nacional (Fedegán, 2006).

La ganadería en el departamento del Cauca

El departamento del Cauca se caracteriza por tener un conflicto con el uso del suelo, pues la distribución de la tierra según la vocación productiva es para agroforestería, cultivos forestales y de conservación. Sin embargo, para la ganadería se dedican 925 000 hectáreas, que representan cerca del 30% del departamento, en las cuales se albergan 245 000 reses (Gamarra, 2007), que generan 28 000 empleos entre directos e indirectos, con una capacidad de carga por debajo de 0,5 UGG/ha.

La tradición ganadera de esta región tiene una base genética en proceso de mejoramiento, con cierto grado de adaptación a las ecorregiones, con pastos potencialmente mejorables y con sistemas de producción tradicionalmente orientados al doble propósito. Hay una infraestructura ganadera adecuada para el manejo en finca, pero no existe en el mercado local ninguna industria frigorífica que consuma la demanda regional de carne, por lo que este sector le apuesta a la consolidación de la ganadería de carne y leche para facilitar su desarrollo sostenible y el crecimiento de la agroindustria, aumentando la productividad y la participación en mercados regionales, nacionales e internacionales (Departamento Nacional de Planeación, 2007).

Fertilización biológica

Definición

La fertilización biológica se realiza a partir de abonos orgánicos o biofertilizantes. Estos son enmiendas para el suelo, con mucha energía equilibrada y en armonía mineral. Están preparados a base de estiércol fresco de vaca, disuelto en agua y enriquecido con leche, melaza y ceniza, que se ha puesto a fermentar por varios días en toneles o tanques de plástico bajo un sistema aeróbico o anaeróbico. Muchas veces son enriquecidos con harina de rocas molidas o algunas sales minerales, como sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc. (Restrepo, 2007). Se llaman también fertilizantes orgánicos porque están basados en microorganismos que promueven y benefician la nutrición y el crecimiento de las plantas con la incorporación de microorganismos del suelo, generalmente hongos y bacterias, que se asocian de manera natural a las raíces de las plantas de una forma más íntima.

Los abonos orgánicos pueden ser sólidos o líquidos, según los materiales e instalaciones disponibles, como los estercoleros y los biodigestores.

Se obtienen por transformación de estiércol animal, restos de cosecha o, en general, residuos orgánicos. Su tratamiento conduce a la formación de abono.

Estos materiales permiten obtener fertilizantes eficaces y seguros si se preparan adecuadamente. Inclusive, cuando se aprovechan los desechos orgánicos, se contribuye a la salud pública al evitar que se constituyan en fuente de contaminación (Herrera, 2008).

La biofertilización es una tecnología que se relaciona con la inclusión de microorganismos en las plantas de hongos micorrizas, bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadores de fósforo, ya que estos producen efectos aditivos de particular importancia para el desarrollo de cultivos más rendidores y de mejor calidad fitosanitaria, y para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo. Estos microorganismos básicamente trabajan sobre el abastecimiento de nitrógeno y fósforo hacia el material vegetal, pero también se acotan otras funciones no menos importantes: desarrollo radicular más abundante y efecto protector contra enfermedades fúngicas de la raíz (Frontera, 2006).

La incorporación del abono orgánico enriquece la capacidad del suelo para albergar una gran actividad biológica, que tiene varias ventajas. Entre otras, ayuda a mejorar la estructura del suelo promoviendo una mayor aireación radicular, el aumento de la capacidad de retención de agua y la estabilización de la temperatura para sintetizar los nutrientes (Cuesta, 2005).

En la agricultura ecológica se le da gran importancia a la elaboración y aplicación de abonos orgánicos, ya que disminuyen la utilización de productos químicos en los distintos cultivos, mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, y hacen posible el intercambio suelo-planta. Por otra parte, bajan los costos de producción puesto que pueden elaborarse en la misma unidad productiva con elementos propios de la región y complementan las incorporaciones de nitrógeno, fósforo y potasio para aumentar aún más la producción de cada finca, según los requerimientos de cada cultivo. También favorecen la diversidad de microorganismos del suelo y contribuyen al mejoramiento del ambiente debido a que se utilizan los residuos provenientes de los establos que en ocasiones no tienen un manejo adecuado y causan contaminación en los predios (Cuesta, 2005).

Los biofertilizantes deben fermentarse anaeróbicamente, sin contacto con oxígeno. El proceso se origina a partir de la intensa actividad de los

microorganismos, que transforman los materiales orgánicos y producen vitaminas, ácidos y minerales complejos, indispensables para el metabolismo y perfecto equilibrio nutricional de la planta. Las sustancias que se originan a partir de la fermentación son ricas en energía libre, que al ser absorbidas directamente por las hojas tonifican las plantas e impiden el desarrollo de enfermedades y el constante ataque de insectos.

Utilidad

Los biofertilizantes sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, y fortalecer la fertilidad de las plantas y la salud de los animales, al tiempo que estimulan la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades. Además, ayudan a sustituir los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria que representan un costo mucho mayor.

Mecanismo de acción

Los biofertilizantes funcionan principalmente dentro de las plantas activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y coenzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo.

Después de su periodo de fermentación (de 30 a 90 días), los biofertilizantes enriquecidos con cenizas, sales minerales o harina de rocas molidas estarán listos y equilibrados en una solución tampón y coloidal, en la que sus efectos pueden ser superiores a los nutrientes tradicionales, técnicamente recomendados por la agroindustria para ser aplicados foliarmente al suelo y a los cultivos.

Aplicación en cultivos y suelo

La aplicación de los biofertilizantes en los cultivos es foliar y debe hacerse en las primeras horas de la mañana, hasta más o menos las diez, y en las tardes, después de las cuatro, para aprovechar una mejor asimilación por la mayor apertura de los estomas en las hojas de las plantas. Se aconseja que su aplicación se efectúe desde la parte de abajo de las hojas hacia arriba. Otra recomendación importante es agregarle un ad-

herente para maximizar su fijación (sábila, tuna, goma, laca o cola, pez de madera, ceniza, jabón o harina de trigo, entre otros).

Las aplicaciones de los biofertilizantes sobre el suelo deben hacerse sobre la cobertura verde del mismo o sobre su propia superficie, después de realizar una limpieza o deshierbe para estimular la ecoevolución mineral y biológica de la formación de suelos fértiles, nutritivamente diversificados y más profundos. Así mismo, debe hacerse simultáneamente cuando se están tratando los cultivos. Finalmente, los biofertilizantes también pueden ser aplicados vía fertirriego, goteo dirigido y de forma nebulizada en invernaderos.

Ventajas y resultados de la aplicación de biofertilizantes

En cultivos y praderas

Las ventajas y los resultados más comunes que se atribuyen a la aplicación de biofertilizantes en los cultivos son, entre otros:

- Utilización de recursos locales fáciles de conseguir (estiércol de vaca, melaza, leche, suero, etc.).
- Tecnología económica de fácil apropiación por los productores (preparación, aplicación, almacenamiento). Los ahorros que se logran a corto plazo por la sustitución de los insumos químicos (venenos y fertilizantes altamente solubles) conllevan a un aumento de la rentabilidad.
- Resultados apreciables y cuantificables a corto plazo.
- Aumento de la resistencia contra el ataque de insectos y enfermedades.
- Mayor velocidad de recuperación del estrés postcosecha en cultivos perennes y del pastoreo en praderas, así como aumento en la longevidad del cultivo.
- Aumento de la cantidad, tamaño y vigorosidad de la floración.
- Aumento en la cantidad, uniformidad, tamaño y calidad nutricional.
- Eliminación de los factores de riesgo para la salud de los trabajadores al abandonar el uso de venenos.
- Mejoramiento y conservación del ambiente y la protección de los recursos naturales, incluyendo la vida microbiológica del suelo.
- Aumento de ciclos productivos por área cultivada para el caso de hortalizas (incremento del número de cosechas por año).
- La producción, después de su cosecha, se conserva por un periodo más prolongado, principalmente en frutas y hortalizas.
- Economía de la energía, aumento de la eficiencia de los micronutrientes

aplicados en los cultivos y reducción de los costos de producción, al tiempo que se acelera la recuperación de los suelos degradados.

Efectos de la aplicación de biofertilizantes en el suelo

Los efectos que se pueden lograr con la aplicación de los biofertilizantes en el suelo son, entre otros:

- Mejoramiento diversificado de la nutrición disponible del suelo para las plantas.
- Desbloqueo diversificado de muchos nutrientes que no se encuentran disponibles para los cultivos.
- Mejoramiento de la biodiversidad, la actividad y la cantidad microbiológica (coevolución biológica del suelo).
- Mejoramiento de la estructura y la profundidad de los suelos.
- Aumento de la capacidad del intercambio catiónico (CIC).
- Aumento de la asimilación diversificada de nutrientes en las plantas.
- Mejoramiento de los procesos energéticos de los vegetales a través de las raíces y su relación con la respiración y síntesis de ácidos orgánicos.
- Estimulación precoz en la germinación de semillas y aumento del volumen radicular de las plantas.
- Aumento en el contenido de vitaminas, auxinas y antibióticos en relaciones complejas entre raíz y suelo.
- Estimulación de la coevolución vegetal diversificada, lo que favorece la recuperación, revestimiento y protección de los suelos.
- Estimulación de la formación de ácidos húmicos, de gran utilidad para la salud del suelo y los cultivos.
- Aumento de la microdiversidad mineral del suelo disponible para las plantas.
- Aumento de la resistencia de las plantas contra el ataque de enfermedades, principalmente de las raíces.
- Estimulación de las rizobacterias como promotoras del crecimiento de las plantas y de la bioprotección.
- Aumento del tamaño y volumen de las raíces, con el incremento de la materia orgánica en el suelo (abonera orgánica subterránea).

TABLA 1 · Insumos para preparar 200 litros de biofertilizante¹

	Cantidad
Estiércol fresco de bovino	50 kg
Miel de purga	5 kg
Cal agrícola/dolomita o ceniza	5 kg
Leche cruda o suero de leche	10 l
Levadura casera o para panificación	1 lb
Agua limpia y sin cloro	Hasta completar el volumen

Finalmente, debido a las características altamente quelantes² que poseen los biofertilizantes, se facilita la nutrición equilibrada del suelo, se estimula el desarrollo microbiológico y se maximiza el aprovechamiento mineral por los cultivos (Restrepo, 2007).

Fertilización biológica empleada en los ensayos

La fertilización biológica empleada en los ensayos de las praderas de Popayán y Guachicón se realizó a partir de una formulación básica de un biofertilizante aerobio o anaerobio. Los responsables de las unidades productivas hicieron la preparación con el apoyo del equipo técnico, siguiendo la formulación presentada en la **TABLA 1** para 200 litros de biofertilizante. A continuación se enuncian los beneficios de cada uno de los insumos utilizados en el biofertilizante:

Ceniza. El carbón mejora las características físicas del suelo en cuanto a aireación, absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica del abono y de la tierra, al mismo tiempo que funciona como esponja con la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles de la planta, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo.

Melaza. Es la principal fuente de energía de los microorganismos que participan en la fermentación del abono orgánico, lo que favorece a la actividad microbiológica. La melaza es rica en potasio, calcio y magnesio, y contiene micronutrientes como, principalmente, el boro.

1 Si no se cita la fuente de las tablas o gráficas, es que su procedencia es de este estudio.

2 Un quelante, o antagonista de metales pesados, es una sustancia que forma complejos con iones de metales pesados. A estos complejos se los conoce como quelatos, que proviene de la palabra griega chele que significa "garra".

Agua. Crea las condiciones favorables para el desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación. Además, tiene la propiedad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono. Tanto el exceso como la falta de agua son perjudiciales para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. La humedad ideal se logra agregando, cuidadosamente, el agua a la mezcla de los ingredientes.

Leche. Fortifica y ayuda a multiplicar los microorganismos de las sustancias. Se debe utilizar leche no procesada y de procedencia conocida. Se puede remplazar por suero sin sal.

Estiércol bovino. Debe estar fresco y no provenir de animales enfermos o recién tratados con medicamentos. También se debe tener cuidado con los potreros donde pastan los animales para que no hayan sido fumigados con herbicidas. Los estiércoles son la fuente principal de nitrógeno y mejoran la fertilidad del suelo porque incorporan nutrientes como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, cobre y boro.

Levadura. Constituye la principal fuente de inoculación microbiológica para la fabricación de los abonos orgánicos fermentados, de ahí su importancia en la formulación.

Proceso de elaboración

En el recipiente plástico de 200 litros de capacidad vierta 100 litros de agua no contaminada y disuelva los 50 kilos de estiércol fresco y los 4 kilos de ceniza. Revuelva hasta lograr una mezcla homogénea. **FOTO 1** /pág. 28

De ser posible, recolecte el estiércol en los establos donde se encuentra el ganado durante la madrugada, pues mientras menos luz solar reciba, mejores son los resultados que se obtienen con los biofertilizantes.

Luego, en una cubeta plástica, vierta 10 litros de agua no contaminada y 5 litros de leche cruda (o 10 litros de suero), y disuelva 1 libra de levadura y 5 litros de melaza. Agregue la mezcla al recipiente plástico de 200 litros donde se encuentra el estiércol disuelto con la ceniza. Revuelva constantemente para garantizar su homogenización. **FOTOS 2, 3, 4** /pág. 28

Posteriormente, complete con agua limpia hasta 180 litros de la capacidad del recipiente plástico y revuelva.

Tape herméticamente el recipiente para el inicio de la fermentación anaeróbica del biofertilizante y conecte el sistema de evacuación de gases con la manguera (sello de agua), como lo muestra la ilustración (Restrepo, 2007):



Biofermentador anaeróbico

Ponga a reposar a la sombra el recipiente a temperatura ambiente, protegido del sol y las lluvias, de 80 a 90 días, al final de los cuales la mezcla estará lista para aplicar. Las dosis y aplicaciones se explican en el apartado correspondiente a los tratamientos empleados en cada ensayo.

Evaluación de biofertilización en las praderas de la meseta de Popayán

Descripción del área de estudio

La región denominada meseta de Popayán se ubica en la parte central del departamento del Cauca. Es un valle interandino o peniplano¹ (Ica, 2002), localizado entre los 1 600 y 1 900 metros sobre el nivel del mar. Esta área corresponde a la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo² (Holdridge, 1978). Limita por el norte con el río Ovejas, a los 2° 50' de latitud norte; por el sur con el río Las Piedras, a los 2° 20' de latitud norte; por el este con la Cordillera Central, y por el oeste con el cañón del río Cauca. La zona tiene una extensión aproximada de 12 300 hectáreas, en la que están ubicados 2 985 predios con ganado.

El relieve es ondulado y alterna pendientes menores del 10% con otras superiores al 30%, siempre en longitudes cortas. Se altera bruscamente hacia las hoyas de los ríos que lo bañan, encañonados y con fuertes pendientes a lo largo de sus cauces (Ica, 1994).

1 Se trata de un relieve poco diferenciado, semejante a una llanura suavemente ondulada y con amplios valles en forma de artesa, resultado de un ciclo normal de erosión característico de largas calmas tectónicas.

2 El bosque tropical muy húmedo montano bajo o de neblina es un bosque latifolio de estratos difusos y no espinoso. La duración de la estación seca es de 1 a 2 meses, y está bien drenado. No se inunda. El rango de precipitación oscila entre 1 850 y 4 000 mm como promedio anual. Es muy característico de esta zona la presencia de neblina durante largos periodos del día, por eso su nombre. Los terrenos de este ecosistema son, en su mayoría, de topografía accidentada, con ladera expuesta a vientos que traen mucha humedad.

La estación meteorológica del aeropuerto Guillermo León Valencia de Popayán reporta una precipitación promedio anual de 2132 mm, y un promedio de 219 días de lluvia, con una intensidad máxima durante 4 horas de 81,5 mm (Ideam, 2008).

Los valores de temperatura no varían mucho de mes a mes para una misma altura sobre el nivel del mar. Sin embargo, esta se modifica si la altura cambia, lo que ocurre para la región de estudio, cuyos valores mínimos y máximos son de 14,9 °C y 25,9 °C para elevaciones de 1500 MSNM; de 13,7 °C y 25 °C para 1700 MSNM y, de 12,5 °C y 24,1 °C para 1900 MSNM (Ica, 1994). Teniendo en cuenta la clasificación del clima según Caldas y Lang (tomado de Eslava, 1992), todos los valores anteriormente anotados clasifican el área de estudio como clima templado húmedo (TH).

En el sector pecuario la alimentación se basa principalmente en el consumo de gramíneas enteras, en pocas fincas se cultivan pastos de corte y el suministro de sal es esporádico. Los animales presentan deficiencias alimenticias y de ahí los bajos rendimientos tanto en la leche como en la carne.

En el municipio, la ganadería de doble propósito aporta el 75% de la leche producida y la falta de alimentación adecuada se reporta como principal limitante en este sistema de producción. El consumo de materia seca disponible en los materiales nativos debe incrementarse adoptando prácticas agronómicas de manejo de potreros. La utilización de leguminosas asociadas al potrero unido a un consumo voluntario de minerales garantizará mejor calidad en la ingestión de forraje por parte de los bovinos, lo que puede incidir en una mejor producción.

La restricción en la disponibilidad y calidad de forraje –debido a los sobrepastoreos, la cosecha inoportuna de los forrajes, la deficiente fertilización y la degradación de las pasturas, entre otros– son el factor aislado que más limita la producción animal. Este problema se acentúa en los trópicos, donde la producción de las gramíneas, principalmente durante la época seca, resulta insuficiente para cubrir los requerimientos alimenticios de los animales.

Dentro de los costos de producción en los sistemas de lechería especializada y de doble propósito, el manejo de la alimentación y de las praderas ocupa un renglón importante (Fedegán, 2006). En el manejo de praderas, los más altos valores los representan los fertilizantes y el riego, seguido de los herbicidas y plaguicidas, factores que no solo tienen consecuencias

económicas, sino también sobre el ambiente. Por lo tanto, se debe propender por establecer un manejo óptimo de la fertilización y del uso de insumos agrícolas de acuerdo con las necesidades de la pradera, haciendo énfasis en la utilización de asociaciones gramíneas y leguminosas, lo que puede traer efectos benéficos en la conservación y productividad de las praderas, y disminución en la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Cárdenas, 2003).

Los pastizales se convierten en la cobertura vegetal dominante de la meseta de Popayán, generalmente con uso de ganadería. El área de pastizales del municipio es de 23 519 has que representan un total de 47,94% del área total, compuesto principalmente por especies como estrella (*Cynodon nlemfluensis Sp.*), grama (*Paspalum Sp.*) y kikuyo (*Penisetum clandestinum*) (Plan de Ordenamiento Territorial de Popayán, 2013).

Los pastos de corte más frecuente son *Pennisetum sp* (king grass, elefante o maralfalfa) y *Axonopus scoparius* (telembí o imperial). Otros forrajes están en pequeñas áreas de cultivos experimentales que no son representativos en la dieta del ganado, pero que de una u otra forma se propagan con este propósito. Otras especies comunes son: *Trichantera gigantea* (nacedero), *erythrina edulis* (chachafruto) y *Boehmeria nivea* (ramio), con los que se dan los primeros pasos hacia la conformación de los bancos de proteína (Polanía y Rendón, 2008).

Metodología del ensayo

A continuación se explica la metodología empleada en el desarrollo del ensayo de campo llevado a cabo en fincas ubicadas en la meseta de Popayán, todas ellas con aptitud ganadera. En estas se evaluó el efecto de la aplicación de biofertilizantes con la consecuente respuesta productiva de los forrajes en cada explotación.

Delimitación y diseño de las parcelas de estudio

La evaluación de biofertilización en praderas de la meseta de Popayán (Cauca), se llevó a cabo en cinco fincas ubicadas en las veredas de Calibó, Clarete, Santa Rosa y Villa Nueva. En la [TABLA 2](#) se indica el nombre de cada finca, la vereda y el tipo de pastos predominantes.

Para el desarrollo del estudio se planteó un modelo de parcelas divididas en lotes de 400 m por 10 m cada una (4000 m²), en el que se

TABLA 2 · Áreas de estudio definidas por fincas y predominio de pastos existentes

Finca	Vereda	Pastos	Área total m ²	Área parcela m ²
Marianella	Villa Nueva	Estrella y braquiaria	3 000	1 000
Rancho Grande	Santa Rosa	Estrella, braquiaria y kikuyo	3 750	1 250
Loma Larga	Santa Rosa	Estrella y nativos	3 000	1 000
Tabor (Parcela II)	Clarete	Braquiaria, kikuyo y grama	3 000	1 000
La Isabela	Calibío	Estrella, braquiaria y nativos	3 000	1 000

TABLA 3 · Tratamientos a evaluar

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
100% químico	50% químico 50% biofertilizante	100% biofertilizante	Testigo

establecieron cuatro tratamientos. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones, para un total de 20 unidades muestrales. [TABLA 3](#)

Para la aplicación del biofertilizante se partió de la mezcla descrita en la primera parte del documento, de la que se diluyeron 3 litros en 17 litros de agua para llevarlo a 20 litros, lo cual dio una concentración en volumen del biofertilizante de 15%. Los profesionales responsables del proyecto y expertos del Sena a manera de ensayo definieron una dilución estándar para pastos y forrajes, puesto que no se encontró en la literatura un equivalente.

La fertilización química se hizo a partir de agroquímicos –simples o compuestos– y elementos menores –según lo recomendado por el análisis de suelos– previamente definidos para cada una de las unidades productivas vinculadas al proyecto. Es importante mencionar que el fertilizante químico de uso tradicional en esta zona del país para fertilización de pastos y forrajes es la úrea, que se aplica sin conocimiento de los contenidos reales de nutrientes en el suelo.

Implementación del ensayo en campo

Se inició el ensayo con la preparación de todo lo necesario: se elaboró el biofertilizante en compañía de los productores y de los encargados de las unidades productivas, se delimitaron y distribuyeron las parcelas en las que se implementaron los respectivos tratamientos, se tomaron muestras para análisis de suelos y bromatológicos y, finalmente, se preparó el terreno según recomendaciones obtenidas a partir del análisis de los suelos.

Posteriormente, se realizaron tres aplicaciones de biofertilizante en cada una de las parcelas con intervalos de 15 días. Por último, se procedió a la medición de biomasa del forraje a los 45 días de iniciado el ensayo.

Las aplicaciones de insumos químicos se hicieron en las cantidades estipuladas después de cada pastoreo o inicio del tratamiento (esto, con el fin de disminuir el costo de mano de obra durante el ensayo).

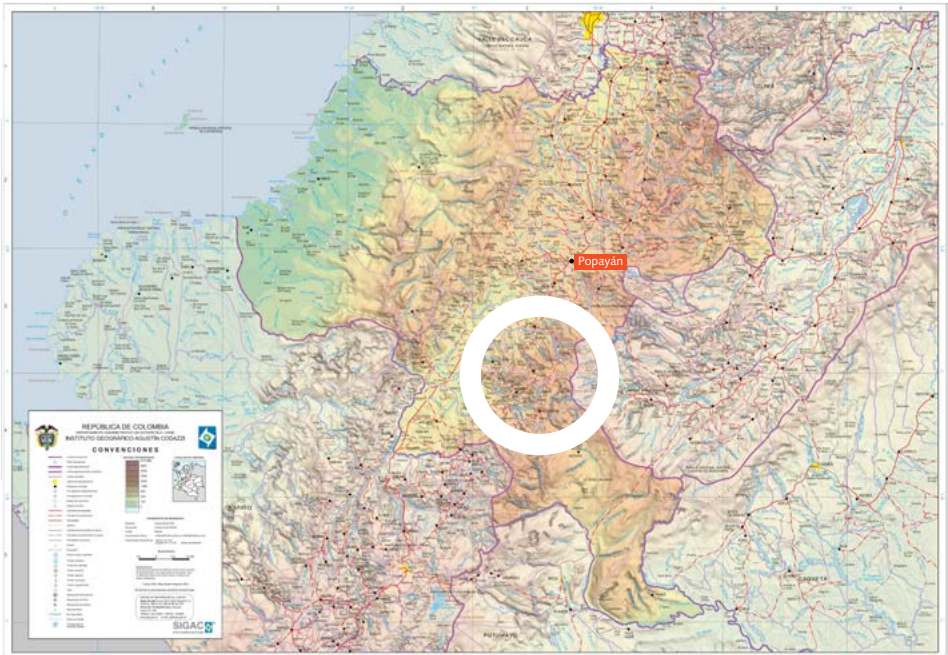
En el transcurso del estudio se realizaron quince aplicaciones de biofertilizante en las dosis estipuladas a cada parcela y cuatro de insumos químicos según análisis de suelos (sin incluir las correcciones iniciales de la preparación). Se tomaron cuatro aforos para cada uno de los tratamientos en las cinco fincas.

Finalmente, se tomaron muestras de forraje para hacer el estudio bromatológico y observar los posibles cambios en la composición de los mismos para cada tratamiento. Adicionalmente, se efectuaron los respectivos análisis de suelos para determinar si se generaron cambios con respecto a los diferentes tratamientos.



Equipo de trabajo

Zona de La Vega, meseta de Popayán, departamento del Cauca



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi



Foto 1. Pesaje de los materiales requeridos en la elaboración del biofertilizante



Fotos 2, 3 y 4. Elaboración del biofertilizante: agua más melaza, incorporación de la leche o el suero y mezcla final





Foto 5 y 6. Aplicación de biofertilizante con fumigadora estacionaria

Fotos 7 y 8. Determinación del forraje verde por m²: marco de aforo y pesaje de forraje





Fotos 9, 10, 11 y 12. Forma de aplicación del biofertilizante y toma de muestras para análisis de suelo. Abajo, derecha, pesaje de fertilizantes químicos

Fotos 13, 14. Preparación y aplicación del biofertilizante con fumigadora manual



Aplicaciones

Se realizó la dilución de biofertilizante al 15% para el caso del tratamiento 100% biológico; para el tratamiento 50% químico y 50% biológico se realizó una dilución al 7,5% para cumplir con los requerimientos del ensayo. Es necesario tener en cuenta que se deben aplicar las mismas cantidades del preparado con las diluciones anteriormente descritas. Las aplicaciones del biofertilizante se realizaron con fumigadora estacionaria, cada 15 días. **FOTOS 5-6** / *pág. 29*

En cuanto a la aplicación de los insumos químicos, se trabajó con base en lo recomendado por el análisis de suelos previamente realizado. A continuación se describen en detalle los tratamientos en cada una de las fincas. **TABLAS 4-8**

TABLA 4 · Dosis por tratamiento en Marianella

Insumo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Cal dolomita (kg)	150,00	150,00	150,00
10-20-20 (kg)	12,50	6,25	0
Sulfato de cobre (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de zinc (gr)	200,00	100,00	0
Sulfato de manganeso (gr)	300,00	150,00	0
Úrea (kg)	6,00	3,00	0
Biofertilizante (l)	0	7,50	15,00
Agua (l)	0	92,50	85,00

Nota: La aplicación de fertilizante químico 10-20-20 se realizó dos veces en el transcurso del ensayo y la de elementos menores y úrea se hizo en la primera aplicación de biofertilizantes, después de cada corte

TABLA 5 · Dosis por tratamiento en Rancho Grande

Insumo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
KCl (kg)	12,5	6,25	0
Bórax (gr)	625,00	312,50	0
Sulfato de cobre (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de manganeso (gr)	375,00	187,50	0
Úrea (kg)	11,30	5,60	0
Biofertilizante (l)	0	7,50	15,00
Agua (l)	0	92,50	85,00

Nota: La aplicación de fertilizante químico KCl se realizó en dosis única y para todo el ensayo, según lo estipulado en el cuadro. La aplicación de elementos menores y úrea se hizo en la primera aplicación de biofertilizantes, después de cada corte

TABLA 6 · Dosis por tratamiento en Loma Larga

Insumo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
10-20-20 (kg)	12,50	6,25	0
Bórax (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de cobre (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de zinc (gr)	200,00	100,00	0
Sulfato de manganeso (gr)	300,00	150,00	0
Úrea (kg)	6,00	3,00	0
Biofertilizante (l)	0	7,50	15,00
Agua (l)	0	92,50	85,00

Nota: La aplicación de fertilizante químico 10-20-20 se realizó dos veces en el transcurso del ensayo. La aplicación de elementos menores y úrea se hizo en la primera aplicación de biofertilizantes, después de cada corte

TABLA 7 · Dosis por tratamiento en Tabor

Insumo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Cal dolomita (kg)	150,00	150,00	150,00
DAP (kg)	10,00	5,00	0
Bórax (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de cobre (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de zinc (gr)	200,00	100,00	0
Sulfato de manganeso (gr)	300,00	150,00	0
Úrea (kg)	6,00	3,00	0
Biofertilizante (l)	0	7,50	15,00
Agua (l)	0	92,50	85,00

Nota: La aplicación de fertilizante químico DAP se realizó en dosis única y para todo el ensayo, según lo estipulado en el cuadro. La aplicación de elementos menores y úrea se hizo en la primera aplicación de biofertilizantes, después de cada corte

TABLA 8 · Dosis por tratamiento en La Isabela

Insumo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
10-20-20 (kg)	12,50	6,25	0
Bórax (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de cobre (gr)	500,00	250,00	0
Sulfato de zinc (gr)	200,00	100,00	0
Sulfato de manganeso (gr)	300,00	150,00	0
Úrea (kg)	6,00	3,00	0
Biofertilizante (l)	0	7,50	15,00
Agua (l)	0	92,50	85,00

Nota: La aplicación de fertilizante químico 10-20-20 se realizó dos veces en el transcurso del ensayo. La aplicación de elementos menores y úrea se hizo en la primera de biofertilizante, después de cada corte

Variables evaluadas

A continuación se relacionan las variables que se midieron para determinar y comparar la eficacia de cada uno de los tratamientos evaluados en el ensayo, así como una breve descripción del procedimiento que se siguió para establecerlas.

Producción de biomasa (gramos de forraje verde por m²)

Para determinar la producción de forraje en gramos por m², se empleó el método de aforo, que consiste en establecer un área al azar en cada una de las parcelas para cada tratamiento, cortar la totalidad del pasto encontrado al interior del m² delimitado y pesar para determinar el forraje fresco. **FOTOS 7-8** / pág. 29

Este parámetro indica la oferta forrajera de la pastura (la cantidad de pasto que está produciendo realmente el potrero). Por consiguiente, es indispensable conocerlo para determinar la capacidad de carga animal por hectárea (UGG/ha) de los potreros, es decir, la cantidad de animales que se pueden mantener en una hectárea por periodo de pastoreo.

Composición bromatológica

Se realizó un estudio bromatológico para determinar el contenido nutricional del pasto, que es un factor esencial para valorar el poder nutritivo y el poder productivo de un alimento, pues determina, cuantitativamente, los elementos que lo constituyen.

Para los análisis bromatológicos se tomó una muestra de 1 kg de materia verde, se empacó en una bolsa de papel sin tinta y posteriormente se depositó en una caja de cartón marcada con el número de cada tratamiento, finca y fecha de recolección. Las muestras se llevaron al laboratorio con la mayor brevedad posible.

Costos de producción por hectárea

Se realizó un cuadro comparativo de costos entre los diferentes tratamientos entre la fertilización biológica y la fertilización química para cada caso con el fin de establecer el mejor en cuanto a costos de producción, rendimiento por hectárea (producción de forraje verde por m²) y su relación con los resultados obtenidos en el ensayo.

Resultados

Producción de biomasa

En el transcurso del estudio se midió la producción de biomasa mediante la implementación de cuatro aforos para cada una de las aplicaciones de los tratamientos. Los resultados obtenidos se exponen a continuación¹:

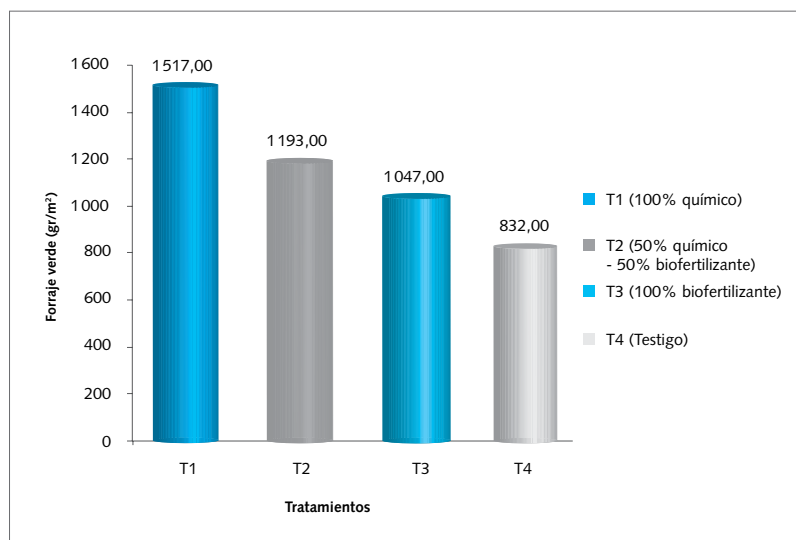
Producción de biomasa en Marianella

La TABLA 9 muestra los resultados obtenidos de los cuatro aforos realizados para cada uno de los tratamientos en la finca Marianella; de cada uno se sacaron los promedios por tratamiento que se observan en el GRÁFICO 1.

TABLA 9 · Resultados de producción de forraje en Marianella (gramos por m²)

	Aforo 1	Aforo 2	Aforo 3	Aforo 4	Promedio
Tratamiento 1	1 400,00	1 120,00	1 520,00	2 026,00	1 517,00
Tratamiento 2	1 240,00	936,00	1 450,00	1 147,00	1 193,00
Tratamiento 3	893,00	960,00	1 200,00	1 133,00	1 047,00
Tratamiento 4	866,00	760,00	900,00	800,00	832,00

GRÁFICO 1 · Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Marianella



1. Se presentan resultados de las fincas Marianella, Loma Larga, Rancho Grande y Tabor. No se incluyeron los correspondientes a la finca La Isabela por diferencias en el control y registro de las variables evaluadas.

Se puede observar que el tratamiento 1 (100% químico) obtuvo el mayor comportamiento en cuanto a esta variable, contrario al tratamiento 4, que obtuvo la menor producción de forraje, dada la no aplicación de ningún tipo de fertilización. A pesar de la baja producción del tratamiento 3 (1047 gr/m²), que lo ubica en tercer lugar, se observa un incremento gradual a lo largo de las mediciones (TABLA 9), lo que puede indicar que a través del tiempo puede llegar a ser una buena y económica alternativa de fertilización orgánica dado todos los beneficios, tanto al suelo como al forraje, de la aplicación de biofertilizantes enunciados anteriormente.

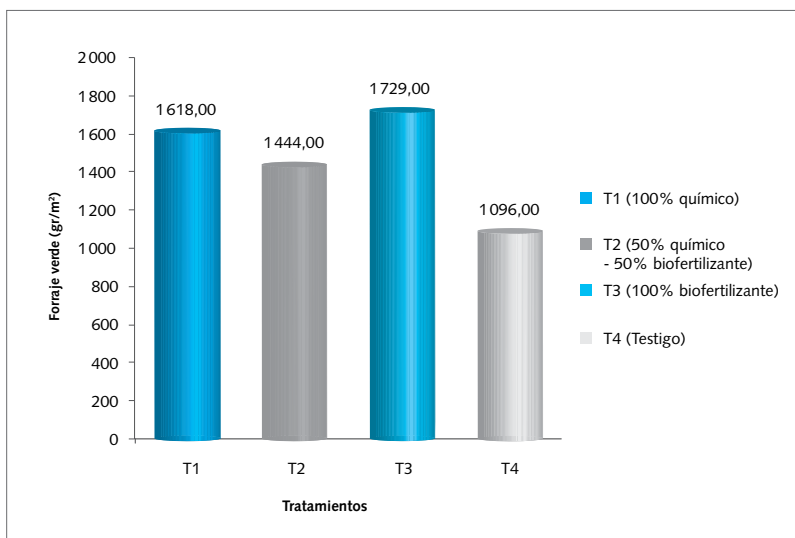
Producción de biomasa en Rancho Grande

En la finca Rancho Grande, los dos primeros aforos muestran un mejor comportamiento del tratamiento 1 (100% químico). En los dos últimos, el comportamiento es mucho mejor para el tratamiento 3 (100% biofertilizante). TABLA 10 · GRÁFICO 2

TABLA 10 · Resultados de producción de forraje en Rancho Grande (gramos por m²)

	Aforo 1	Aforo 2	Aforo 3	Aforo 4	Promedio
Tratamiento 1	2033,00	1720,00	1600,00	1120,00	1618,00
Tratamiento 2	2000,00	768,00	2067,00	940,00	1444,00
Tratamiento 3	1900,00	1160,00	2440,00	1416,00	1729,00
Tratamiento 4	1533,00	632,00	1300,00	920,00	1096,00

GRÁFICO 2 · Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Rancho Grande



El mejor resultado para los tratamientos evaluados es el 3 seguido del 1 como los de mayor producción de biomasa por m², dato contrario a la finca anterior, donde el 1 fue el de mejor comportamiento.

Producción de biomasa en Loma Larga

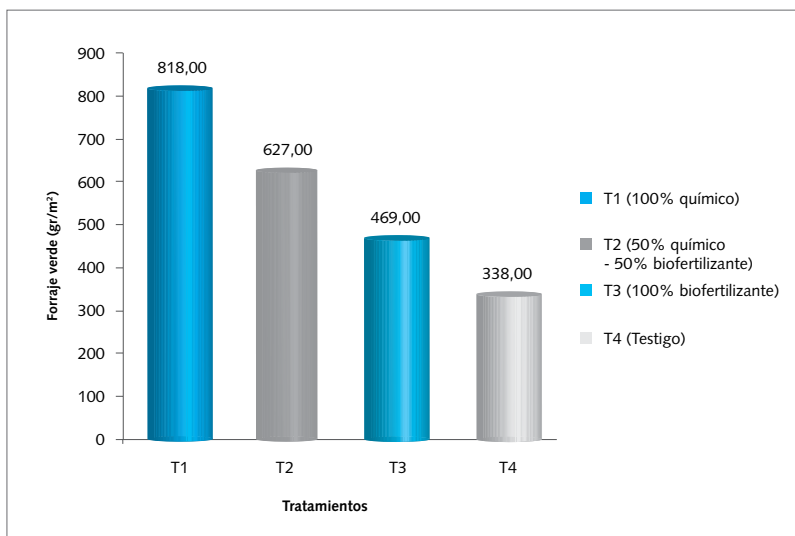
En la finca Loma Larga se obtuvieron buenos resultados, ya que se pasó de bajas producciones de forraje a tener una buena cantidad por m². El comportamiento en las dos últimas mediciones es similar y satisfactorio, con un incremento considerable para todos los tratamientos. Es importante resaltar que las condiciones agroecológicas propias de cada finca pueden incidir significativamente en esta variable, de ahí que no se obtuvieron datos similares para cada una de las fincas evaluadas.

TABLA 11 · GRÁFICO 3

TABLA 11 · Resultados de producción de forraje en Loma Larga (gramos por m²)

	Aforo 1	Aforo 2	Aforo 3	Promedio
Tratamiento 1	440,00	1 300,00	1 533,00	818,00
Tratamiento 2	660,00	1 100,00	747,00	627,00
Tratamiento 3	344,00	800,00	733,00	469,00
Tratamiento 4	320,00	500,00	533,00	338,00

GRÁFICO 3 · Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Loma Larga



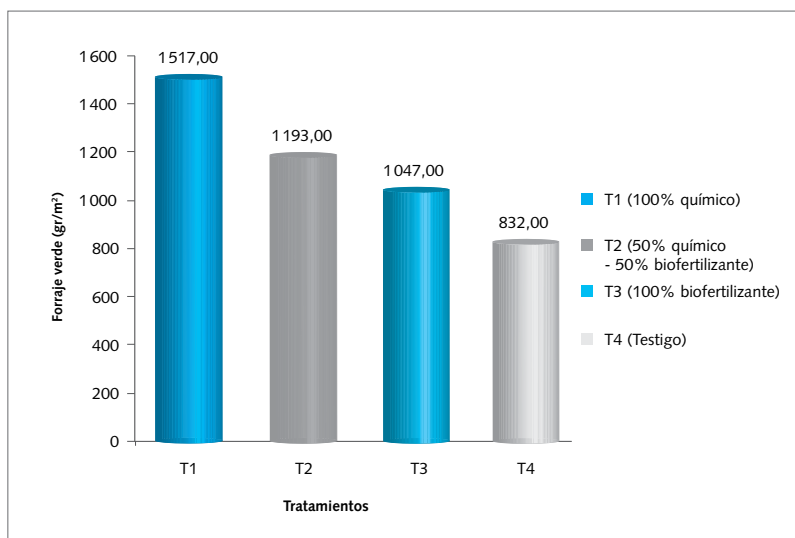
Producción de biomasa en Tabor

El comportamiento en todas las mediciones es relativamente igual, encabezadas por los tratamientos 1 y 2 durante el proyecto, con un incremento gradual de cada uno, excepto para el testigo, que se mantuvo relativamente estable. **TABLA 12 · GRÁFICO 4**

TABLA 12 · Resultados de producción de forraje en Tabor (gramos por m²)

	Aforo 1	Aforo 2	Aforo 3	Aforo 4	Promedio
Tratamiento 1	1 400,00	1 120,00	1 520,00	2 026,00	1 517,00
Tratamiento 2	1 240,00	936,00	1 450,00	1 147,00	1 193,00
Tratamiento 3	893,00	960,00	1 200,00	1 133,00	1 047,00
Tratamiento 4	866,00	760,00	900,00	800,00	832,00

GRÁFICO 4 · Promedio de producción de forraje verde por tratamiento en Tabor



Composición nutricional del forraje

En la **TABLA 13** se presentan los resultados del análisis bromatológico realizado a una muestra homogenizada para cada tratamiento a una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) utilizando el biofertilizante. Respecto al contenido de materia seca (MS), se nota que cuando la utilización del biofertilizante fue mayor se disminuyó el contenido de materia

TABLA 13 · Resultados del análisis bromatológico del pasto kikuyo en Rancho Grande

	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	CEN (%)	ENN (%)	TDN %	ED Mcal/Kg	EM (Mcal/kg)
Tratamiento 1 (100% químico)	37,72	12,11	1,59	29,46	9,56	47,31	60	2,65	2,17
Tratamiento 2 (50% químico 50% biofertilizante)	32,53	12,85	1,68	30,83	10,11	44,56	59	2,60	2,13
Tratamiento 3 (100% biofertilizante)	31,37	10,61	1,75	31,94	9,10	46,62	57	2,51	2,06
Tratamiento 4 (Testigo)	43,32	9,65	1,40	31,37	7,39	50,20	58	2,56	2,10

MS: materia seca
PC: proteína cruda
EE: extracto etéreo

FC: fibra cruda
CEN: cenizas
ENN: extracto no nitrogenado

TDN: nutrientes digestibles totales
ED: energía digestible
EM: energía metabolizable

seca (MS), lo que podría suponer que este tipo de fertilización provoca más succulencia en el forraje y, probablemente, un estímulo en la capacidad de consumo del animal por su mayor cantidad de agua en los tejidos. Este aspecto se torna relevante cuando se tienen vacas de alta producción que limitan el consumo de materia seca y que al tener este tipo de pastos podría de alguna manera incrementarse.

De igual forma, en la **TABLA 13** se puede observar cómo el comportamiento de la proteína cruda del forraje (PC) aumentó con todos los tratamientos de fertilización frente al testigo. Se logró hasta un 33% más de proteína (3,2 puntos porcentuales) cuando se utilizó una mezcla de 50% de fertilización química y 50% de fertilización orgánica, sugiriendo una complementación favorable entre los dos sistemas.

En la producción ganadera en la zona intertropical se busca la producción de forrajes con aceptables valores proteínicos y en este ejercicio exploratorio se demuestra cómo el pasto kikuyo responde incrementando considerablemente su contenido de proteína como respuesta a la fertilización. De igual manera sucede con la energía metabolizable (EM), que se incrementa levemente a medida que se aumenta la fertilización química hasta en 0,07 mega calorías por kilogramo, lo que –aunque parece mínimo– es bastante representativo en el momento de efectuar un balance nutricional energético.

Este incremento muy probablemente se deba al mayor valor de grasa (EE) en los forrajes fertilizados y a la sensible disminución de la fibra total (FC), no obstante que la concentración de carbohidratos solubles (ENN) disminuyó en la medida en que se utilizaron fertilizantes químicos.

Es completamente válido suponer que la fertilización química de los forrajes puede ser sustituida parcialmente por biofertilizantes, lo que se refleja no solo en la producción sino en la calidad de los mismos. No obstante, cabe la posibilidad de estimar más periodos de prueba que permitan evaluar el sostenimiento de dicha calidad y la perduración de la pradera, la que podría ser mayor ya que los biofertilizantes aportan medios para un mejor manejo de la biota del suelo y, por ende, una mayor sostenibilidad de la pradera.

Evaluación económica

En la TABLA 14 se muestran los costos de producción aproximados para preparar 200 litros de biofertilizante. El costo del agua se valora según la tarifa del acueducto local, dato que es relativo a la zona donde se replique este ensayo al igual que el costo de los demás insumos. En Rancho Grande, donde se hizo la evaluación económica, el costo de un litro de biofertilizante es de \$76 TABLA 15. En esa misma tabla se muestran los costos de fertilización de pasto kikuyo en un área de 1250 m² por cada tratamiento, durante cuatro pastoreos (180 días aproximadamente) y usando una fumigadora estacionaria para la aplicación del biofertilizante. Los fertilizantes químicos se aplicaron al voleo. Los cálculos para la fertilización biológica se hacen teniendo en cuenta que se efectuaron doce aplicaciones, repartidas de a tres por periodo de pastoreo, con intervalos de quince días.

TABLA 14 - Costos de producción para 200 litros de biofertilizante

Insumo	Cantidad	Valor unitario \$	Valor total \$
Estiércol fresco de bovino (kg)	50,00	0	0
Melaza (kg)	5,00	640,00	3 200,00
Leche cruda (l)	5,00	800,00	4 000,00
Levadura (kg)	0,50	1 800,00	900,00
Cal dolomita (kg)	5,00	1 358,00	6 790,00
Agua sin cloro (l)	180,00	1,74	313,20
Costo total			\$15 203,20

TABLA 15 - Evaluación económica de tres diferentes tipos de fertilización durante cuatro pastores en pasto kikuyo (1 250 m²/tratamiento) en Rancho Grande

Ítem	TRATAMIENTO 1 (100% químico)			TRATAMIENTO 2 (50% químico-50% biofertilizante)			TRATAMIENTO 3 (100% biofertilizante)		
	VALOR UNITARIO \$	CANTIDAD	TOTAL \$	VALOR UNITARIO \$	CANTIDAD	TOTAL \$	VALOR UNITARIO \$	CANTIDAD	TOTAL \$
Mano de obra									
Fertilización química (jornal)	18000,00	1,00	18000,00	18000,00	0,50	9000,00	18000,00	0	0,00
Fertilización biológica (jornal)	18000,00	0	0,00	18000,00	0,50	9000,00	18000,00	1,00	18000,00
Insumos									
Úrea (kg)	1 198,00	45,20	54 149,60	1 198,00	22,6	27 074,80	1 198,00	0	0,00
Kcl (kg)	1 420,00	12,50	17 750,00	1 420,00	6,25	8 875,00	1 420,00	0	0,00
Bórax (gr)	5 000,00	2,50	12 500,00	5 000,00	1,25	6 250,00	5 000,00	0	0,00
Sulfato de cobre (gr)	10 000,00	2,00	20 000,00	10 000,00	1,00	10 000,00	10 000,00	0	0,00
Sulfato de manganeso (gr)	6 000,00	1,50	9 000,00	6 000,00	0,75	4 500,00	6 000,00	0	0,00
Biofertilizante (l)	76,00	0	0,00	76,00	111,00	8 436,00	76,00	222,00	16 872,00
Agua (l)	1,74	0	0	1,74	1 387,00	2 413,38	1,74	1 275,00	2 218,50
Gasolina (l)	2 257,00	0	0,00	2 257,00	12,00	27 084,00	2 257,00	12,00	27 084,00
Total			\$13 139,60			\$112 633,18			\$64 174,50

De la misma manera, se muestra la producción de forraje verde acumulada en el tratamiento, la producción de forraje verde por hectárea/año y se determina cuál fue el tratamiento más económico para el productor.

Es necesario aclarar que estos resultados tuvieron algunas diferencias con respecto a los encontrados en las otras fincas, pero mantienen la misma tendencia. Por otra parte, en el análisis de costos se hizo una comparación de acuerdo con el tipo de equipo utilizado para la aplicación del biofertilizante (bomba de espalda vs. fumigadora estacionaria). Lo anterior permitió determinar la disminución de mano de obra lograda con la fumigadora estacionaria y, por ende, su mayor eficiencia. **FOTOS 5-6, 13-14** / *pág. 29-30*

Según el análisis económico, el tratamiento biológico (T3) es el más económico para el productor, reduciéndose a poco más de la mitad del tratamiento químico (T1). En este análisis cabe resaltar la utilización de las fumigadoras estacionarias, ya que estas hacen más eficiente el trabajo con fertilizantes foliares.

En investigaciones anteriores, Guagua (2007), en su análisis económico de la producción de forraje con la utilización de diferentes niveles de abono foliar de estiércol bovino enriquecido con microelementos, obtuvo una producción similar a la registrada en la presente investigación, con la utilización de 425 litros de fertilizante foliar.

El análisis de costos es una herramienta valiosa en la probable aceptación de la tecnología propuesta si se tiene en cuenta que no en todos los hatos se fertilizan las praderas y, en los que se hace, esta no es en su mayoría acorde con los requerimientos del cultivo. Generalmente, se fertiliza poco por los costos, así que si se presenta una alternativa de bajo costo para la finca, los ganaderos podrían considerar su utilización. También se deben resaltar los posibles beneficios a largo plazo en mejoramiento del suelo por aporte de microorganismos al mismo.

En las **TABLAS 16-17** se incluye la información y el análisis de costos para las fincas y parcelas evaluadas, información útil que cualquier ganadero debe considerar en pro de generar una mayor rentabilidad en su unidad productiva.

Al comparar la producción de forraje verde entre los tratamientos 1 y 3, este último tiene una menor relación producción/costo. Por otro lado, se puede observar que el costo de producir un kilogramo de forraje verde es similar en los tratamientos 1 y 2. **TABLA 16**

TABLA 16 · Producción de forraje verde por tratamiento y costo de producción de un kilo de forraje verde en Rancho Grande

	Producción (kg) de forraje verde en 1250 m²	Costo total de producción	Costo de producción de un kilo de forraje verde
Tratamiento 1	6473	\$131 399,60	\$20,30
Tratamiento 2	5775	\$112 633,18	\$19,50
Tratamiento 3	6916	\$64 174,50	\$9,30
Tratamiento 4	4385	\$0,00	\$0,00

TABLA 17 · Producción de proteína relacionando la producción de biomasa y el contenido de materia seca

	Producción de biomasa (kg/1250 m²)	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Materia seca (kg/1250 m²)	Proteína cruda (kg/1250 m²)
Tratamiento 1	6 473,00	37,72	12,11	2.441,62	201,62
Tratamiento 2	5 775,00	32,53	12,85	1 878,61	146,20
Tratamiento 3	6 916,00	31,37	10,61	2 169,55	204,48
Tratamiento 4	4.385,00	43,32	9,65	1.899,58	196,85

En la **TABLA 17** se observa cómo, a pesar de que el tratamiento 50%-50% (tratamiento 2) tiene un mayor contenido de proteína cruda, al calcular la producción a lo largo del estudio con unas producciones de biomasa reales y contenidos de materia seca resultantes de los análisis bromatológicos, se tiene que la mayor producción de proteína cruda a lo largo del estudio la obtuvo el tratamiento 100% biológico (tratamiento 3).

Estos resultados indican que con el tratamiento 100% biológico (tratamiento 3) se pudieron obtener mayores producciones de biomasa, con un alto contenido de proteína cruda y con una considerable disminución de los costos por fertilización.

En cuanto a la producción de forraje verde por m² para cada una de las fincas que hicieron parte del ensayo, los resultados permiten evidenciar que en todas las fincas el tratamiento con fertilización 100% química (tratamiento 1) fue el de mejor comportamiento a excepción de la finca Rancho Grande, donde tuvo un comportamiento similar con el tratamiento 3. Esta tendencia nos permite inferir que dicha fertilización colma los requerimientos nutricionales de la pastura, viéndose reflejados en la producción de forraje. Sin embargo, una fertilización compartida en igual

proporción entre químico y orgánico genera un comportamiento nada despreciable a la pastura con un elemento adicional, que es la reducción en los costos de fertilización, lo que cobra importancia en los costos de producción de las ganaderías colombianas.

Evaluación de biofertilización en las praderas del resguardo indígena de Guachicono

Descripción del área de estudio

El resguardo indígena de Guachicono pertenece a la comunidad Yanacona y se localiza al suroriente del municipio de La Vega en el departamento del Cauca, al suroccidente de Colombia, a una altura aproximada de 2700 msnm. Corresponde al piso térmico frío, entre 12 y 18° C, con precipitaciones entre 1000 y 4000 mm/año. Cuenta con una extensión de 13200 hectáreas que abarca las siguientes veredas: zona norte: Buena Vista, Alto de la Playa y el Arado; zona centro: Bellones, Cajibío, Alto de las Palmas, Guachicono Centro, Juanchito, La Esperanza; y zona sur: Río Negro, Barbillas, Nueva Providencia y Monterredondo.

La ganadería es una actividad importante en la economía del municipio. Del total de tierras aptas están destinadas al cultivo de pastos 15282 hectáreas, sobresaliendo falsa poa (*Holcus lanatus*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raygrass (*Lolium perenne*) y elefante (*Pennisetum purpureum*), y 3820 hectáreas están destinadas para la actividad pecuaria con 3150 cabezas de ganado bovino. La raza predominante es la criolla, aunque se está mejorando con normando, holstein y pardo suizo, de doble propósito, aprovechando así la carne y la leche. Esta explotación se hace de manera extensiva, con pastoreo continuo. Los corregimientos donde se concentra esta actividad son: Guachicono, Pancitará, El Palmar, Santa Rita y San Miguel. En los otros corregimientos existe actividad ganadera en menor escala, que puede incrementarse si se incorporan terrenos baldíos improductivos con tecnologías apropiadas de

mejoramiento de suelos y suministro de agua (Resguardo Indígena de Guachicono, 2008).

Con el crecimiento de la población y la demanda en productos alimenticios que los habitantes de La Vega requieren, se ve la necesidad de crear un programa de mejoramiento para los sistemas productivos con los que la comunidad cuenta, como es la ganadería bovina. Por ello es necesario hacer un manejo apropiado de las praderas, la carga animal y la calidad en los productos que se obtienen –cárnicos y lácteos–, para vender un producto de óptima calidad a precios justos. Esto es posible mediante prácticas viables y de fácil realización, además de ecológicas y económicas, dentro de las cuales encontramos la elaboración de biofertilizantes, el manejo y rotación de praderas, y la capacidad de carga apropiada (Fedegán, 2006).

La constitución de una lechería estable y competitiva es un proceso que requiere de años de trabajo y de inversión de capital, basados en el mejoramiento y buen manejo de las praderas, la fertilidad del suelo, la alimentación del ganado, la capacitación del personal y el conocimiento de las técnicas modernas de producción sustentadas en registros de producción e información de mercado. Todo esto determina que los sistemas de producción no tengan un patrón único y definido de cómo producir leche, sino que se debe considerar una combinación de factores que están disponibles en el medio interno y externo de la unidad productiva (Cuesta, 2005).

Metodología del ensayo

A continuación se explica en forma detallada la metodología empleada en el ensayo de campo llevado a cabo en fincas ubicadas en el resguardo indígena de Guachicono, para evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizantes, con la consecuente respuesta productiva de los forrajes.

Delimitación y diseño de las parcelas de estudio

El ensayo se implementó en seis unidades productivas, una de cada vereda de las que integran el resguardo de Guachicono: Buena Vista, La Playa, La Esperanza, Guachicono Centro, Nueva Providencia y Río Negro. Se evaluaron seis tratamientos con diferentes proporciones de biofertilizante y en uno de ellos el uso de 100% de úrea como un referente de fertilización química. **TABLA 18**

TABLA 18 · Ingredientes y dosis de biofertilizante aplicados a las parcelas de las seis fincas del resguardo indígena de Guachicón

Ingrediente	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6 (testigo)
Biofertilizante (l)	0,75	1,50	2,25	3,00	0	0
Dosis de biofertilizante aplicado por sublote (cm ³)*	750,00	1 500,00	2 250,00	3 000,00	0	0
Dosis por m ² (cm ³ /m ²)	9375,00	18,75	28,13	37,5	0	0
Agua (l)	19,25	18,50	17,75	17,00	19,50	0
Úrea (gr)	0	0	0	0	500,00	0

* Sublote de 80 m² por bomba de 20 l.

Aplicación de fertilizante

Una vez que el biofertilizante pasó la prueba inicial (monitoreo) y que se determinó que estaba en óptimas condiciones, se procedió a la primera aplicación en las subparcelas en diferentes dosis con el fin de evaluar cada tratamiento en términos del rendimiento del pasto en metros cuadrados a través de aforos.

Durante la evaluación se llevaron a cabo doce aplicaciones de biofertilizante en cada una de las seis fincas. Estas se realizaron los días 0-15-30-45-60-75-90-105-120-135-150 y 165, respectivamente, antes de las nueve de la mañana o después de las cuatro de la tarde. Previo a la aplicación fue necesario filtrar el biofertilizante con el fin de retirar las impurezas. Posterior a esto, a cada propietario se le hizo entrega de un registro de visitas con las fechas exactas de cada aplicación. **FOTOS 9-12 / pág. 30**

Variables evaluadas

Para el ensayo realizado en Guachicón se evaluó únicamente la variable de producción de biomasa por m², empleando el método de varianza para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos para cada tratamiento.

Producción de biomasa (gramos de forraje verde por m²)

Se realizaron cuatro aforos cada 45 días en cada una de las parcelas y se evaluó la cantidad de biomasa producida y los cambios que se presentaron. Esta actividad se realizó en compañía de la familia de la finca, de

las personas que vivían más cerca y del presidente de la asociación. Para llevar a cabo cada aforo se utilizó un marco en tubos de PVC de 50 x 50 x 50 x 50 cm, respectivamente, elaborado por cada productor. Se contó con un machete, una balanza y bolsas plásticas. La hora del aforo era acordada con el productor. **FOTOS 13-14** / pág. 30

Con los datos de estos aforos se procedió a efectuar el análisis estadístico correspondiente (ANOVA) y la prueba de significancia de Duncan utilizando el software SASV9.

Resultados

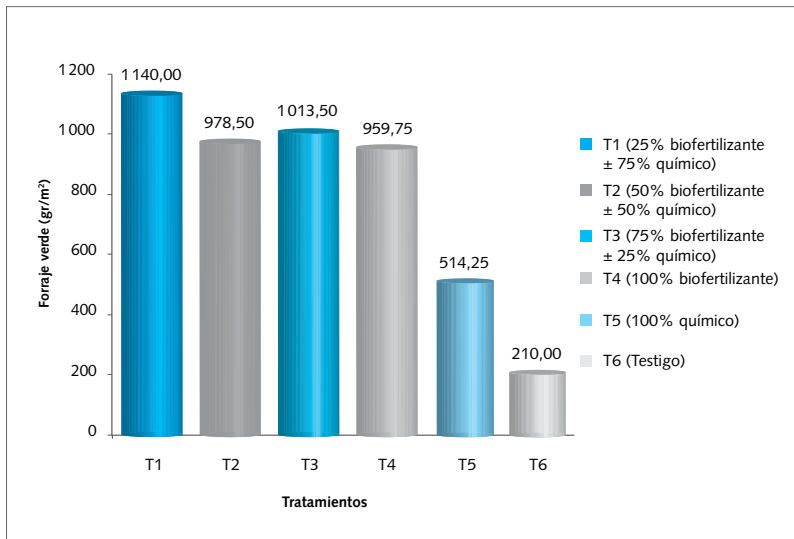
A continuación se dan a conocer los resultados de los aforos llevados a cabo en cada una de las seis fincas y de acuerdo con los tratamientos implementados. Hay que aclarar que no todas las fincas tenían el mismo pasto.

Producción de biomasa en La Esperanza

A partir del análisis de varianza realizado para evaluar el efecto en cada uno de los tratamientos, se determinó que existen diferencias estadísticas entre estos ($P < 0,05$), lo que significa que al menos uno de ellos afecta de manera diferente la producción de forraje. Para establecer dichas diferencias se realizó una prueba de promedios de Duncan, lo que arrojó dos grupos homogéneos: en el primer grupo se encuentran los tratamientos 1, 2, 3 y 4 con los mejores resultados que corresponden a las aplicaciones, con 1 140; 978,50; 1 013,50 y 959,80 gramos de forraje verde por m². En el segundo grupo se encuentran los tratamientos 5 y 6, con una producción de 514,30 y 210 gramos de forraje verde por m² respectivamente. **GRÁFICO 5**

Unido a las buenas condiciones ambientales y las pasturas utilizadas para el ensayo en la vereda La Esperanza, *Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus*, que respondieron favorablemente a la aplicación de biofertilizante, se observa en el **GRÁFICO 5** que la mayor producción de forraje verde se logró con la aplicación de tratamiento 1, pues se obtuvieron 126,50 gramos más de forraje por pastoreo que en el tratamiento 3, que produjo de manera similar a los tratamientos 2 y 4. Estos produjeron al menos 500 gramos más que el 5 y 700 gramos más que el 6. En el segundo grupo se encuentra una disminución con respecto a los primeros.

GRÁFICO 5 · Producción en gramos de forraje verde por m² en La Esperanza con pasto falsa poa



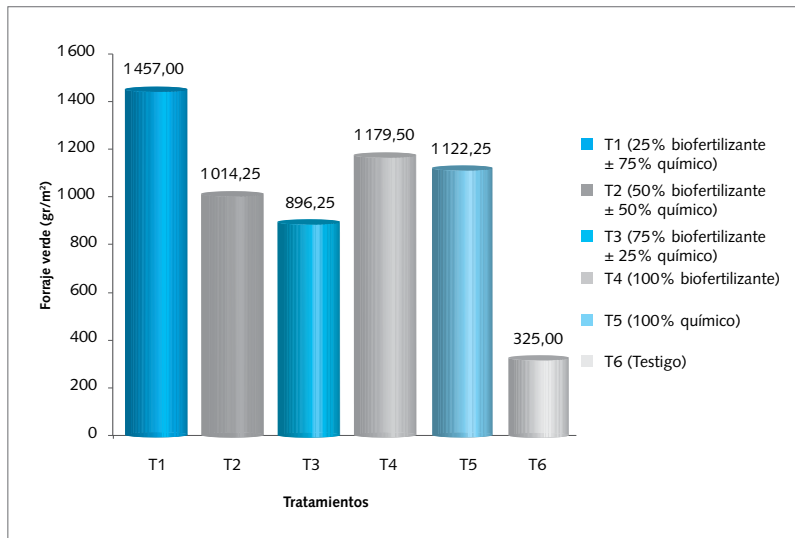
Este resultado evidencia que al aplicar biofertilizante la producción de biomasa aumenta, indistintamente de la dosis a utilizar. Esto puede atribuirse a que con la aplicación de fertilizante orgánico se mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y, por ende, las plantas pueden tomar más rápido sus nutrientes. Esto confirma el estudio realizado por Trinidad (1987), quien afirma que al aplicar fertilizante orgánico se incrementa la actividad biológica puesto que los microorganismos influyen positivamente en la estructura del suelo. Y se comprueba con el tratamiento testigo, que fue el de menor respuesta productiva dado que no tenía ningún tipo de fertilización.

Producción de biomasa en La Playa

Al realizar el análisis de varianza se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre tratamientos, lo que indica que al menos uno es diferente de los otros. [GRÁFICO 6](#)

La prueba de promedios de Duncan generó dos grupos, el primero conformado por los tratamientos 1 y 4, con 1457 y 1179 gramos de forraje verde por m² respectivamente, y el segundo grupo con los tratamientos 2, 5, 3 y 6, como se puede apreciar en la [GRÁFICO 6](#). En estos se nota

GRÁFICO 6 · Producción en gramos de forraje verde por m² en La Playa con pasto falsa poa



un comportamiento cercano con diferencias de 108, 226, y 571,30 gr/m², respectivamente, pero sin diferencias estadísticas significativas entre ellos.

En esta parcela y debido a las condiciones del terreno, previo a la aplicación del biofertilizante, fue necesario hacer un volteo del suelo con azadón para lograr una aireación óptima, lo que incrementó los espacios porosos entre los agregados del suelo. Esto pudo favorecer el almacenamiento o entrada de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (García, 2005). Dicha labor pudo también influir en la entrada de fertilizante y la acción beneficiosa del abono orgánico a través de su dinámica de mineralización en el suelo, lo que conllevó al óptimo desarrollo del pasto. Demanet (1989), en el estudio realizado por el Instituto Colombiano Agropecuario, reportó rendimientos en cuanto a la producción de pasto falsa poa entre 10-15 ton/ms/ha/año.

Producción de biomasa en Buena Vista

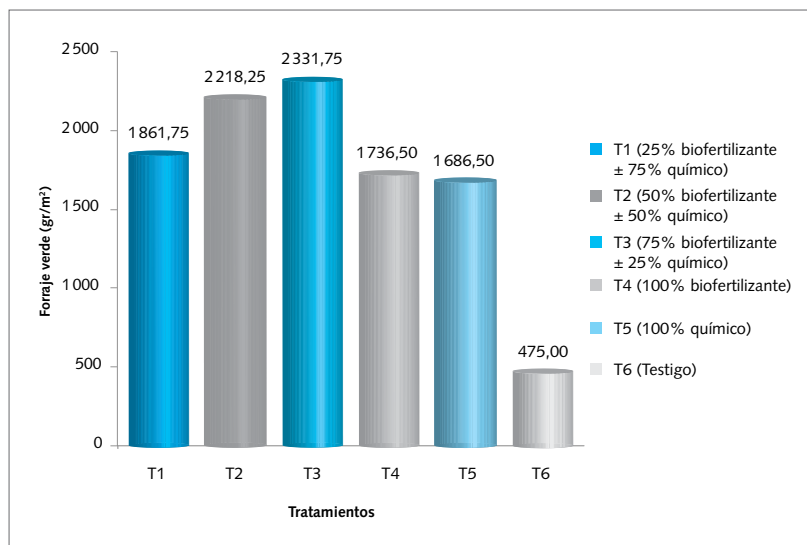
Mediante los datos tomados en campo y posterior análisis de varianza realizado, se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0,05$). La prueba de Duncan mostró dos grupos: en el primero se encuentran los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5, y se puede notar que la mayor

producción la obtuvo con el 3 con una producción de 113,50 gramos más que el 2 y a su vez este difiere del 1 con 356,50 gr/m². **GRÁFICO 7** El segundo grupo corresponde al tratamiento 6, que fue el de menor producción en gramos de forraje y obtuvo una diferencia en promedio de 1000 gramos menos que los demás.

Con respecto a la producción de forraje verde, esta finca tuvo los mejores resultados. Esto pudo darse porque aplicaron biofertilizante con bovinaza, que aumenta el pH, lo que corrobora el estudio realizado por Trinidad (1987), quien menciona que con el uso de abonos orgánicos en suelos ácidos o neutros tiende a aumentar el pH, favoreciendo la producción de forraje verde.

Por otra parte, esta zona se encuentra ubicada a una altitud mayor de las otras zonas de estudio, con 2100 msnm y una temperatura de 16 °C. Esto pudo tener efectos positivos sobre la producción de biomasa, ya que a mayor temperatura, mayor actividad biológica. El resultado contrasta con los encontrados en el ensayo de Popayán, donde se reporta que la menor producción de biomasa se obtuvo con el tratamiento en el que se aplicó solo biofertilizante frente al que aplicó 50% químico-50% biofertilizante.

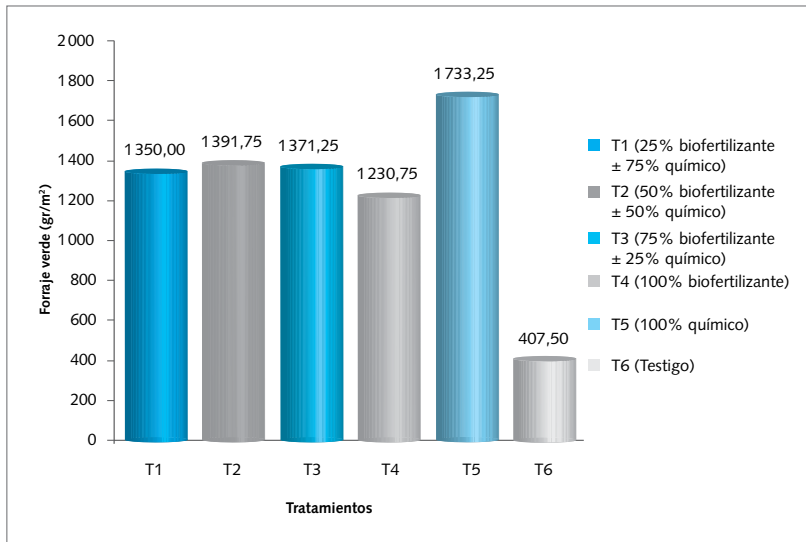
GRÁFICO 7 · Producción en gramos de forraje verde por m² en Buena Vista con pasto kikuyo



Producción de biomasa en Guachicono Centro

El análisis de varianza demuestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos establecidos en campo ($P < 0,05$). La prueba de Duncan arrojó tres grupos: en el primero se encuentra el tratamiento 5 con $1733,25 \text{ gr/m}^2$; del segundo grupo hacen parte los tratamientos 1, 2, 3 y 4 con promedios de producción de $1335,97 \text{ gr/m}^2$; y en el tercer grupo se ubica el tratamiento 6, que corresponde al tratamiento testigo, siendo el de menor producción con $407,50 \text{ gr/m}^2$. **GRÁFICO 8** Esto indica que el pasto kikuyo unido a una fertilización orgánica y con condiciones ambientales favorables para su desarrollo, responde favorablemente en la producción de biomasa. Este efecto benéfico generado por los abonos orgánicos en el rendimiento productivo fue también reportado por Burbano (1989), quien lo atribuyó a su efecto estimulador en la actividad microbiana encargada de los procesos de nitrificación, que incrementan el tenor de nitrógeno hidrosoluble en el suelo para las plantas. Borrero (2008) reporta que al aplicar biofertilizante líquido se mejora la actividad biológica del suelo, generando una mayor resistencia y producción de las plantas, debido a un mayor y mejor funcionamiento en las pasturas fertilizadas.

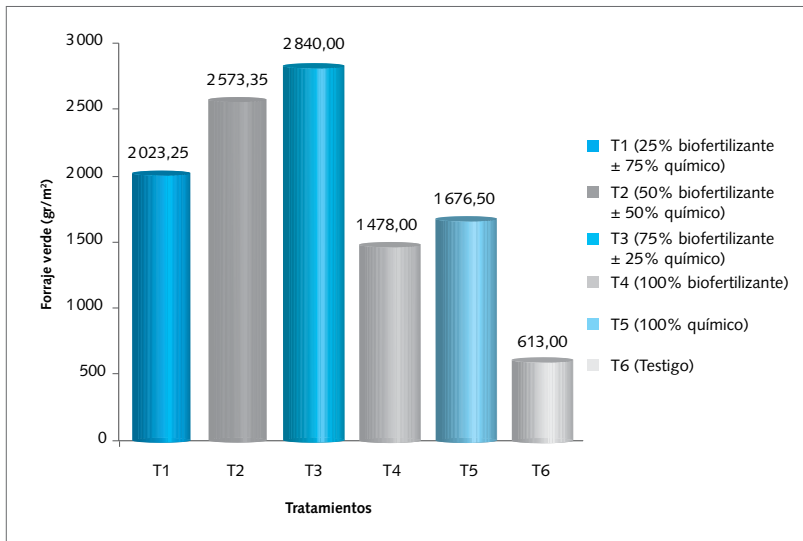
GRÁFICO 8 · Producción en gramos de forraje verde por m^2 en Guachicono Centro con pasto kikuyo



Producción de biomasa en Nueva Providencia

El análisis de varianza permite evidenciar que existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Esto sugiere que al menos uno de los tratamientos tuvo un comportamiento diferente. **GRÁFICO 9** La prueba de promedios generó tres grupos: el conformado por los tratamientos 1, 2 y 3, los cuales se comportaron estadísticamente similares y con las mayores producciones de forraje con respecto a los demás tratamientos, siendo el 3 el de mayor producción de forraje verde, con 266,75 gr/m² y 550 gr/m² más que el 2 y el 1 respectivamente. El segundo grupo está conformado por los tratamientos 4 y 5, que en comparación con los del primer grupo obtuvieron resultados más bajos, el 5 con 1 676,50 gr/m², es decir 198,50 gr/m² más que el 4, con 1 478 gr/m². El tercer grupo contiene el tratamiento 6 (o testigo) con 613 gr/m², como el de menor comportamiento. Este resultado, sumado a que esta región se caracteriza por tener una mayor precipitación al estar ubicada cerca a zona de páramo, pudo favorecer la incorporación del biofertilizante y su posterior asimilación para un crecimiento del forraje, en este caso del pasto kikuyo, que respondió positivamente a la fertilización orgánica.

GRÁFICO 9 · Producción en gramos de forraje verde por m² en Nueva Providencia con pastos kikuyo y falsa poa

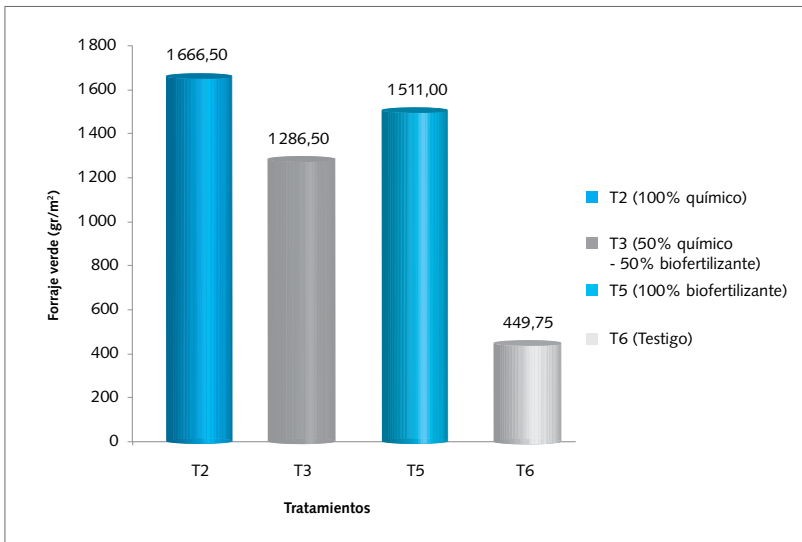


Producción de biomasa en Río Negro

En esta finca se omiten los resultados de los tratamientos 1 y 4 por el tamaño de la parcela (250 m²), que solo se pudo dividir en tres sublotes. Para los resultados obtenidos en el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$), donde se puede encontrar al menos un tratamiento diferente. Se evidencian en los resultados de la prueba de promedios de Duncan dos grupos. **GRÁFICO 10** Del primer grupo hacen parte los tratamientos 2, 3 y 5, entre ellos, el 2 fue el que reportó un mejor comportamiento sobrepasando al 3 con 380 gr/m² y al 5 con 155,50 gr/m²; y el 5 superó al 3 con 224,50 gr/m². Como se observa en el **GRÁFICO 10**, el tratamiento que presentó mayor producción de forraje verde en promedio fue el 2 con 1 666,50 gr/m², seguido del 5 con 1 511 gr/m² y por último el 3 con 1 286,50 gr/m². El segundo grupo corresponde al tratamiento 6, siendo el de menor producción de forraje con 449,75 gr/m², lo que demuestra que con las diferentes aplicaciones de biofertilizante la producción de biomasa es favorable.

Esto coincide con lo dicho por Gómez (1999), quien reporta que con la aplicación de biofertilizante se acelera el crecimiento de brotes y aumenta

GRÁFICO 10 · Producción en gramos de forraje verde por m² en Río Negro con pasto kikuyo



la producción y la productividad. Lo anterior demuestra que la aplicación de biofertilizante mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y con ello aumenta la producción de biomasa. Esto es similar a los resultados encontrados en el ensayo de Popayán, finca Rancho Grande, donde se reporta que al tercer y cuarto aforo el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento donde solo se aplicó 100% biofertilizante frente a aquel que contenía 50% químico y 50% biofertilizante.

Conclusiones generales

De los resultados obtenidos en los ensayos anteriormente presentados se puede concluir a manera general:

- La producción de forraje verde por m² para cada una de las fincas que hicieron parte del ensayo permite evidenciar que, en todas, el tratamiento con fertilización 100% química fue el de mejor comportamiento en general. Esta tendencia nos permite inferir que dicha fertilización colma los requerimientos nutricionales de la pastura, viéndose reflejados en la producción de forraje. Sin embargo, una fertilización compartida en igual proporción entre químico y orgánico genera un comportamiento nada despreciable a la pastura con un elemento adicional: la reducción en los costos de fertilización, siendo este un elemento que cobra mucha importancia en los costos de producción de las ganaderías colombianas.
- En relación con el componente nutricional de las praderas donde se evaluaron los tratamientos, se logró establecer que el de 100% biofertilizante logró una mayor eficiencia en la producción de proteína cruda, lo cual lo hace también el de mayor asimilación por parte de los animales.
- El tratamiento que mostró mayores cambios en cuanto a la composición fisicoquímica del suelo fue el 50% químico y 50% biológico, lo cual favorece la capacidad de intercambio catiónico y el contenido

de materia orgánica, cualidades primordiales para el establecimiento y desarrollo adecuado de praderas. Igualmente, en este tratamiento se evidenciaron mayores incrementos en cuanto al contenido de nutrientes y nutrientes digestibles totales, que son determinantes para la producción de leche y el mantenimiento de la condición corporal de las vacas en lactancia.

■ El tratamiento 100% biológico es el que refleja los menores costos de producción (\$9,30 por kilogramo de forraje verde), evidenciando que el uso de fertilizantes orgánicos –y para el estudio, aquellos elaborados con desechos de origen animal– son una buena alternativa para la producción sostenible de forrajes y el mejoramiento de praderas.

■ De lo anterior se puede inferir que el uso de biofertilizantes mejora las condiciones del suelo, lo que facilita a su vez la asimilación de nutrientes por parte de la pastura, aumentando con ello la producción de forraje final.

Es importante resaltar que los resultados obtenidos en estas evaluaciones iniciales son referentes para encausar investigaciones que determinen en profundidad, la relación suelo-planta y su impacto en el animal a través del comportamiento productivo y reproductivo en hatos ganaderos.

Bibliografía

- Agudelo, P. y Valencia, P. C. (2009). Estado productivo de la ganadería de leche especializada en la meseta de Popayán, trabajo de grado de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad del Cauca, Popayán.
- Alcaldía de La Vega, Cauca (2008). Plan de Desarrollo del municipio de La Vega, Cauca. Convivencia en la interculturalidad "Para dejar huella". Disponible en: www.lavega-cauca.gov.co/apc-aa-files/.../D2008_2011.
- Alcaldía de Popayán (2013). Plan de Ordenamiento Territorial de Popayán 2013. En: http://popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/32366631656237666436366564333734/Microsoft_Word_FINAL_AMBIENTAL_1_1_.pdf
- Borrero, C. A. (2008). Abonos orgánicos (Guaviare - Colombia). Disponible en: www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm
- Bravo, O. (s.f.). Apoyo técnico para el mejoramiento de pasturas y calidad higiénica de leche, dirigido a pequeños productores del Resguardo Indígena de Guachicono, municipio de La Vega (Cauca)
- (s.f.). Evaluación de biofertilización en praderas de la meseta de Popayán (Cauca).
- Burbano, H. (1989). El suelo. Una visión sobre sus componentes biorgánicos, Pasto, Universidad de Nariño.
- Cabrera, A. y Rendón, E. (2009). "Línea base de especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera, en el peniplano de Popayán", trabajo de grado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad del Cauca, Popayán.
- Cárdenas, E. A. (2003). "Evaluación de una alternativa para disminuir el impacto ambiental que causan los fertilizantes nitrogenados en las pasturas de clima frío en Colombia", trabajo de grado de la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Cuesta, P. (2005). Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos, Corpoica.

- Demagnet, R. (1989). *Evaluación de la productividad de la pradera naturalizada en el secano de la IX región*. Disponible en: praderasypasturas.com
- Departamento Nacional de Planeación (2007). *Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad. Documento regional Cauca*, Bogotá.
- Eslava, J. (1992). "Aplicación del análisis de Fourier en la descripción de la variación diurna de elementos climáticos". En: *Geofísica Colombiana*, Octubre 1992. 1: 9-20
- Fedegán (2006). *Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019*. Disponible en: http://portal.fedegan.org.co/Documentos/pega_2019.pdf.
- (2011). *La ganadería colombiana y las cadenas láctea y cárnica*. Disponible en: www.cadenacarnicabovina.org.co/index.php?option=com.
- Frontera (2006). *Biofertilización. Aspectos productivos, consecuencias en el manejo y la conservación del suelo*. Disponible en: www.fertilizando.com/articulos/Biofertilizacion.asp.
- Gamarra, J. (2007). *La economía del departamento del Cauca. Concentración de tierras y pobreza*. Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/documentos/DTSER-95.pdf>.
- García, A. (2005). *Propiedades físicas del suelo*, Universidad de Extremadura. Disponible en: <http://www.unex.es/edafo/index.htm>.
- Gómez, J., León, P. (1986). "Efecto de la gallinaza y del estiércol bovino frescos sobre la producción de forraje de la gramínea king grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum* Burton) en un andosol de Cajibío Cauca", *Acta Agronómica*, 36(2), pp. 177-184.
- Gómez, M. (1999). *Abonos orgánicos y caldos biológicos*. Disponible en: www.agronet.gov.co/.../2006718153.
- Guagua, W. (2007). "Evaluación del efecto de la aplicación del abono líquido foliar orgánico de estiércol bovino, enriquecido con microelementos en la producción de forraje y semilla de pasto avena (*Arrhenatherum elatius*)", trabajo de grado de la Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Herrera, R. (2008). *Preparación de un fertilizante foliar para pastos y cultivos en la propia finca*. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas-fertilizante-foliar-pastos.htm>.
- Holdridge, L. R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*, San José de Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ica (1994). *Descripción topográfica de la meseta de Popayán con fines agropecuarios*, Instituto Colombiano Agropecuario.
- (2002). *Censo de Ganado bovino en la meseta de Popayán*, Instituto Colombiano Agropecuario.
- Ideam (2008). En: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/popa/precipitacion.htm>

Mapa Político del Municipio de La Vega. Disponible en: www.la-Vega-Cauca.gov.co/nuestromunicipio.shtml.

Pino, M. (2012). *Apoyo técnico en la realización de pruebas piloto para el mejoramiento de pasturas mediante la aplicación de biofertilizantes y seguimiento a la calidad de leche dirigido a pequeños productores del Resguardo Indígena de Guachicono, La Vega (Cauca)*.

Polanía L., Rendón, E. (2008). "Línea base de especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera en el peniplano de Popayán". Tesis de grado Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca.

Resguardo Indígena de Guachicono, 2008. *Documento de caracterización*.

Restrepo, J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas*, Managua, Simas.

Sagarpa (s.f.). *Abonos orgánicos*, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.../Abonos%20organicos.pdf.

Trinidad A. (1987). "El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola". En: *Serie Cuadernos de Edafología*, Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México


edición anamaría corrales, patricia miranda

portada ana paula santander

maqueta camilo umaña

impresión amado impresores

bogotá 2014



La propuesta *Evaluación de biofertilizantes en las praderas del departamento del Cauca*, implementada en Popayán y en el resguardo indígena de Guachicono (municipio de La Vega), fue posible gracias al esfuerzo de la Fundación Alpina y al apoyo del Área de Mercadeo de Leche de Alpina y de la Planta de Popayán.

El proyecto buscó demostrar que mayores ingresos y una mayor producción y productividad no están exclusivamente ligados a disponer de más extensiones de tierra, sino a fortalecer un “nuevo ganadero” que es esencialmente un agricultor de pastos y productor de forrajes.