

Recomendaciones para el desarrollo de sistemas de alimentación bovina en el trópico alto colombiano

**Yesid Avellaneda
Javier Castillo
Edgar Mancipe
Daniel Torres
Juan de Jesús Vargas
Aldemar Zúñiga
Juan Carlos Benavides
Luis Orlando Albarracín
Gustavo García
Claudia Villota**

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Recomendaciones para el desarrollo de sistemas de alimentación bovina en el trópico alto colombiano

Yesid Avellaneda
Javier Castillo
Edgar Mancipe
Daniel Torres
Juan de Jesús Vargas
Aldemar Zúñiga
Juan Carlos Benavides
Luis Orlando Albarracín
Claudia Villota
Gustavo García

Mosquera, Colombia, 2021

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Recomendaciones para el desarrollo de sistemas de alimentación bovina en el trópico alto colombiano. / Yesid Avellaneda [y otros nueve]. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

78 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye tablas y fotos.

ISBN E-book: 978-958-740-492-0

1. Alimentación del ganado 2. Forrajes 3. Análisis del suelo 4. Valor nutritivo 5. Nutrición animal.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación Tibaitatá.

Km 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera.

Código postal 250047, Colombia

Esta publicación es el resultado del trabajo realizado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) en el marco del proyecto “Desarrollo del Fortalecimiento de los Sistemas de Producción Bovina a través de la Implementación de Estrategias de Vinculación y Transferencia de Tecnología en la Producción y Uso de Ensilaje y de Suplementos Alimenticios en Diversas Regiones Ganaderas de Colombia” y recoge resultados de investigación obtenidos en los últimos años por la Red de Ganadería y Especies Menores del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Colección: Transformación del Agro.

Recomendaciones para el desarrollo de sistemas de alimentación bovina en el trópico alto colombiano

Primera edición: diciembre del 2021

Fecha de recepción: 16 de diciembre de 2020

Fecha de evaluación: 29 de abril de 2021

Fecha de aceptación: 31 de mayo de 2021

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez

Edición: Jorge Enrique Beltrán y Verónica Barreto Riveros

Corrección de estilo: Amalia Tapiero

Diagramación: Javier Barbosa

Citación sugerida: Avellaneda, Y., Castillo, J., Mancipe, E., Torres, D., Vargas, J. J., Zúñiga, A., Benavides, J. C., Albaracín, L. O., García, G., & Villota, C. (2021). *Recomendaciones para el desarrollo de sistemas de alimentación bovina en el trópico alto colombiano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404920>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Los autores	11
Presentación	15

Capítulo I

¿Sabe cuánta comida necesitan sus vacas?	19
¿Qué conceptos son fundamentales para hacer un presupuesto de alimentación?	20
Oferta de materia seca	20
¿Cuánta comida se obtiene de las praderas del productor?	20
Demanda de materia seca	25
Entonces, ¿cuánto consumen las vacas?	25
Balance de materia seca	26
¿Qué hacer cuando sobra pasto?	26
¿Qué hacer cuando falta pasto?	27

Capítulo II

¡No fertilice al ojímetro, porque pierde plata!	29
¿Cuál es la importancia del suelo en los sistemas de producción de leche?	29
Relación suelo-pasto y producción de forraje de buena calidad	29
¿Qué factores afectan la disponibilidad de nutrientes en el suelo?	31
El análisis del suelo como herramienta para una buena fertilización	31
Condiciones físicas del suelo	33
¿Cómo lograr una mejor fertilización de las praderas?	34
Relación con el clima	34
Relación con la planta	34
Relación con el componente biológico del suelo	35
¿Qué son los fertilizantes?	35

¿Qué factores se deben tener en cuenta al momento de aplicar fertilizantes?	36
Fórmula o composición	36
Fuente de los elementos	37
Dosis	37
Frecuencia y época de aplicación	37
La fertilización para mezclas gramínea-leguminosa	38
Fertilización estratégica o de capitalización	38
Métodos de aplicación	38
Enmiendas para corregir la acidez del suelo	38
El reto: conservar las condiciones adecuadas del suelo	40

Capítulo III

Sembrar bien es clave para una producción exitosa	43
¿Qué hacer para que no falte comida en la finca? ¿Cuál es la mejor opción?	43
Recuerde que...	44
¿Qué son los cultivos forrajeros y cuál es el más recomendado?	44
Avena forrajera altoandina	45
¿Cómo sembrar avena altoandina?	46

Capítulo IV

Indicaciones para no perder comida al conservar forraje	53
¿Por qué es importante conservar forraje?	53
¿Qué métodos existen para conservar forraje?	54
Factores a tener en cuenta para el ensilaje	55
El proceso de ensilaje en imágenes	59
¿Cómo saber si el ensilaje está listo para consumir?	61
¿Cuáles son los principales rubros en la elaboración del ensilaje?	62
¿Cuál es la calidad nutricional de los diferentes ensilajes?	63
¿Qué beneficios trae consigo la alimentación con ensilaje?	63

Capítulo V

Organice la dieta de sus vacas: haga un balance nutricional y obtenga mejores resultados	65
¿Cómo afecta a la empresa ganadera el uso excesivo de suplementos?	65
¿Qué pasa si un suplemento no se ajusta a los requerimientos de los animales?	66
Entonces, ¿cuánto suplemento y de qué calidad se debe usar?	67
Aspectos a tener en cuenta para hacer un buen balance de dieta para una vaca	68
¿Cómo saber cuánta materia seca consume una vaca?	68
¿Qué componentes de la dieta requiere un animal para vivir y producir?	69
¿Cómo saber cuál es el requerimiento nutricional de las vacas?	69
¿Cómo estimar el valor de la materia seca de los forrajes?	70
Estimación de la composición química y nutricional de las materias primas	70
Y con toda esa información, ¿cómo hacer el balance?	71
Consideraciones generales	73
Referencias	75
Anexos	77
Reconocimientos de arbitraje 2021	78

Lista de figuras

Figura 1	Disponibilidad de forraje en una pradera establecida con pasto kikuyo ubicada en en el Centro de Investigación Tibaitatá	21
Figura 2	Regla forrajera para pasturas de kikuyo (<i>C. clandestinus</i>), que muestra una escala de colores para determinar el momento óptimo de cosecha, según la altura de la pradera	23
Figura 3	Curva de crecimiento de una pradera de kikuyo durante un año en el altiplano cundiboyacense	23
Figura 4	Área efectiva de pastoreo de una finca ubicada en el altiplano cundiboyacense	24
Figura 5	Protocolo para la toma de muestras de suelos para realizar el plan de fertilización en la finca acorde a la cantidad de ms requerida en la finca	32
Figura 6	Opciones de cultivos forrajeros para el trópico de altura colombiano	45
Figura 7	Avena forrajera altoandina en el estado de floración	45
Figura 8	Labranza vertical para el establecimiento de la avena forrajera altoandina en una finca del altiplano cundiboyacense	47
Figura 9	Preparación del suelo en contra de la pendiente para el establecimiento de la avena forrajera altoandina en una finca del altiplano cundiboyacense	48
Figura 10	Tapado de la semilla de la avena forrajera altoandina con un rodillo	49
Figura 11	Tiempos promedio de cosecha de gramíneas forrajeras en estado de grano lechoso-pastoso	55
Figura 12	Cosecha de la avena con maquinaria	59
Figura 13	Material picado listo para empacar	59
Figura 14	Empaque del material picado usando una silo pack	60
Figura 15	Amarre de las bolsas de ensilaje	60
Figura 16	Almacenamiento del ensilaje de avena en estivas	61
Figura 17	Distribución de costos para en ensilaje de avena (%)	62
Figura 18	Balance nutricional	68

Lista de tablas

Tabla 1	Consumo de materia seca (kg MS/animal/d) de vacas en producción	25
Tabla 2	Balance de forraje (kg/MS) de una finca lechera	26
Tabla 3	Los nutrientes y sus respectivas funciones en las praderas y los cultivos forrajeros del trópico alto colombiano	30
Tabla 4	Resultados y valores guía para interpretar un análisis de suelos en el trópico de altura colombiano	33
Tabla 5	Composición química de los fertilizantes más usados para praderas y cultivos forrajeros	36
Tabla 6	Correctores de acidez encontrados en el mercado de Colombia para el trópico alto colombiano	39
Tabla 7	Métodos de conservación de forraje	54
Tabla 8	Principales tipos de silo	56
Tabla 9	Requerimientos para ensilar forraje de avena	58
Tabla 10	Características determinantes de la calidad de un ensilaje	61
Tabla 11	Composición química y nutricional de algunos ensilajes	63
Tabla 12	Dinámica de la canasta de costos de lechería del trópico alto	66
Tabla 13	Composición química de algunos pastos de trópico alto colombiano	67
Tabla 14	Estimación del consumo de materia seca en vacas lactantes	69
Tabla 15	Valores aproximados de requerimiento de energía y proteína en vacas lactantes	69
Tabla 16	Composición química y nutricional de materias primas y subproductos utilizados en alimentación de vacas lactantes en el trópico alto colombiano (en base seca)	71
Tabla 17	Paso 1. Calcular el aporte inicial de nutrientes	72
Tabla 18	Paso 2. Incluir una materia prima que solucione los desbalances	72



Los autores

Yesid Avellaneda A.

yavellaneda@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-2471-5863>

PhD y MSc en Producción Animal y zootecnista de la Universidad Nacional de Colombia. Investigador máster asociado de la Red de Ganadería y Especies de AGROSAVIA. Se ha desempeñado como investigador en nutrición y alimentación animal. Ha desarrollado trabajos de evaluación de recursos energéticos alternativos y aditivos funcionales para aves y cerdos, de valoración de recursos alimenticios para ovinos y de suplementación estratégica para sistemas de producción de bovinos de leche en trópico alto.

Javier Castillo Sierra

jcastillos@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-0797-3908>

Magíster en producción alimentaria sostenible y eficiente. Ingeniero en Agroecología. Profesional de apoyo a la investigación agropecuaria de la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA. Ha desarrollado investigaciones en pastos y forrajes para el trópico alto colombiano.

Édgar Augusto Mancipe Muñoz

emancipe@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-9831-673X>

Especialista en Gestión Ambiental y zootecnista de la Universidad de La Salle. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA. Ha trabajado en las áreas de nutrición, alimentación animal, pastos, forrajes y cambio climático para sistemas de producción de rumiantes en condiciones de trópico alto colombiano.

Daniel Ricardo Torres Cuesta

dtorres@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-9101-0543>

Ingeniero en Agroecología. Profesional de apoyo a la investigación en AGROSAVIA. Áreas de investigación: manejo agronómico de cultivos forrajeros, manejo sostenible de suelos del trópico de altura y producción técnica de variedades vegetales y avena forrajera altoandina.

Juan de Jesús Vargas Martínez

jvargasm@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-7674-3850>

Magíster en Producción Animal y zootecnista de la Universidad Nacional de Colombia. Se desempeña como investigador máster, adscrito a la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA. Sus áreas de investigación son la nutrición de rumiantes y el desarrollo y evaluación de estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos. Actualmente está cursando los estudios de doctorado en la Universidad de la Florida.

Aldemar Zuñiga López

azuniga@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-9693-2969>

Magíster en Agroforestería Tropical y zootecnista. Investigador máster de la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA. Realiza investigación en producción y salud animal, y en sistemas silvopastoriles para trópico alto.

Juan Carlos Benavides Cruz

jbenavidez@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-1293-8242>

Magíster en Agroforestería Tropical y zootecnista. Investigador máster de la Red de Ganadería y Especies Menores de AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Tibaitatá. Ha trabajado en investigación en producción animal y en sistemas silvopastoriles. Su último trabajo producido fue el conjunto de *Guías de mejores prácticas en sistemas de producción de leche con base en pasturas para el trópico alto colombiano*.

Luis Orlando Albarracín Arias

loalabarracin@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-2139-8022>

Licenciado en Ciencias Sociales y Económicas. Profesional de investigación agropecuaria en AGROSAVIA. Desarrolla investigación en pastos y forrajes y en sistemas agrosilvopastoriles para el trópico alto colombiano.

Claudia Patricia Villota Caicedo

cvillota@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-9677-7716>

Ingeniera agroindustrial de la Universidad de Nariño y magíster en Desarrollo Rural de la Pontificia Universidad Javeriana. Ha estado vinculada a AGROSAVIA desde el 2002 y actualmente hace parte del Departamento de Mercadeo y Transferencia de Tecnología. Cuenta con conocimientos y experiencia en innovación en procesos de generación de valor agregado, en el diseño de estrategias integrales de desarrollo territorial y en la aplicación de metodologías de investigación participativa y transferencia de tecnología. Es investigadora máster, adscrita a la Red de Hortalizas y Aromáticas, en la que ejerce el rol de enlace entre investigación y transferencia de tecnología.

Gustavo Octavio García Gómez

ggarcia@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-7247-450X>

Zootecnista y magíster en Producción Animal de la Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Nutrición Animal de la Universidad Politécnica de Madrid. Durante 25 años de trabajo en AGROSAVIA se ha dedicado a hacer investigación para sistemas de ganadería de trópico alto, medio y bajo, orientada al desarrollo de recomendaciones tecnológicas para el manejo de pastos y cultivos forrajeros y a la evaluación de materias primas para alimentación bovina y de especies menores. Cuenta con experiencia en la coordinación de equipos de investigación y transferencia de tecnología a nivel nacional e internacional. Actualmente está adscrito al Centro de Investigación Tibaitatá, donde lidera proyectos de cobertura nacional de investigación y vinculación tecnológica para pequeños y medianos ganaderos.



Presentación

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) presenta esta cartilla con el propósito de fomentar el desarrollo de sistemas de producción de leche eficientes. Para dicho fin, se promoverá el uso de ofertas de tecnología resultantes de investigaciones en sistemas de producción de ganado lechero en el altiplano cundiboyacense. De acuerdo con el objetivo propuesto, esta cartilla les permite a productores, asistentes técnicos y agentes extensionistas orientar la toma de decisiones en fincas ganaderas para usar de manera eficiente el recurso forrajero y mejorar la alimentación bovina.

En el primer capítulo se describe el presupuesto forrajero como herramienta de planificación fundamental que les permite a los productores de leche hacer un balance entre la cantidad de alimento requerido y la cantidad de alimento ofrecido en términos de materia seca (MS). En el segundo capítulo se exponen algunas recomendaciones y prácticas para el buen manejo del suelo, que es el recurso esencial en la producción forrajera. En el tercer capítulo se mencionan los beneficios que traen consigo los cultivos forrajeros, que son la primera opción para suplir la demanda de forraje en épocas críticas, y se hace énfasis en las bondades de la avena forrajera altoandina. En el cuarto capítulo se describen algunas alternativas para la conservación de forrajes. Finalmente, en el quinto capítulo, se expone la importancia de realizar un balance nutricional teniendo en cuenta los requerimientos de las vacas en términos de producción, principalmente. Dicho análisis se basa en información referente a la composición química de los forrajes de origen colombiano dispuesta en la plataforma digital AlimenTro.

Esta publicación complementa iniciativas institucionales lideradas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y AGROSAVIA que permiten superar las permanentes limitaciones relacionadas con la oferta forrajera que se presentan de manera recurrente en épocas críticas causadas por el intenso verano o el exceso de lluvias. Actualmente, dichas limitaciones están siendo atendidas como parte del convenio número 2019-0462 celebrado entre el MADR y AGROSAVIA, cuyo objeto es “aunar esfuerzos económicos, técnicos, logísticos y humanos para el fortalecimiento de los sistemas de producción bovina a partir de la transferencia de tecnología en actividades de producción, manejo de pastos y cultivos forrajeros, y manejo de recursos genéticos”.





Capítulo I

¿Sabe cuánta comida necesitan sus vacas?

La manera más efectiva para saber exactamente la cantidad de comida que requiere su ganado es hacer un presupuesto anual de alimentación para producción de leche. En los sistemas productivos de leche es posible disminuir los costos de producción mediante la implementación de un plan de finca, que debe ser entendido como un sistema con entradas, interacciones y salidas. De acuerdo con lo anterior y con el objetivo de garantizar la cantidad de comida necesaria para los animales, el productor debe tener claros los conceptos oferta de materia seca (OMS) y consumo de materia seca (CMS). De esta manera podrá cumplir con las metas de producción de leche en la finca. Así pues, se sugiere que el presupuesto de alimentación contemple las actividades que se desarrollan durante un año calendario, de forma que cubra las épocas de producción de pastos, que van de la mano de los ciclos de lluvias en las diferentes regiones.

¿Qué conceptos son fundamentales para hacer un presupuesto de alimentación?

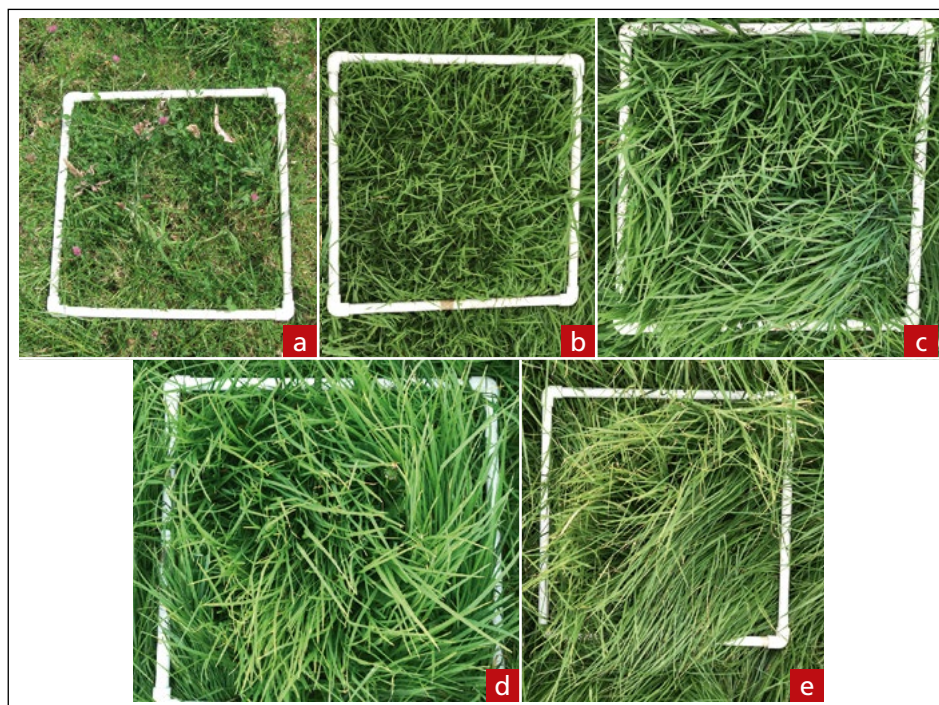
La materia seca (MS) del forraje se define como el material vegetal libre de agua que concentra los nutrientes requeridos por el animal para producir carne o leche. El consumo de MS dependerá del peso vivo, el estado fisiológico, el nivel de producción y la edad del animal.

Oferta de materia seca

La oferta de materia seca (OMS) es la cantidad de MS que se ofrecerá a los animales proveniente de las praderas que pastorean, los cultivos forrajeros que se siembran o los recursos alimenticios que se compran.

¿Cuánta comida se obtiene de las praderas del productor?

Teniendo en cuenta que la fuente más económica de alimento para las vacas es el pasto, es necesario saber cuánto forraje se produce durante el año en los diferentes potreros del predio. En la figura 1 se presenta una guía que puede ser de utilidad para saber cuánto forraje hay en un área determinada de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). La cantidad de forraje de una pradera se puede determinar mediante un aforo, que es el proceso para calcular el forraje disponible en un área determinada. Para el caso de los pastos del trópico, se utiliza un marco de 0,25 m² o 1 m² y se corta el forraje por encima de 10 cm.



Fotos: Javier Castillo Sierra

Figura 1. Disponibilidad de forraje en una pradera establecida con pasto kikuyo ubicada en el Centro de Investigación Tibaitatá. a. 300-500 kg de ms/ha; b. 1.500-2.000 kg de ms/ha; c. 2.500 kg de ms/ha; d. 3.000 kg de ms/ha; e. 3.500-4.000 kg de ms/ha.

Fuente: Elaboración propia

Una manera de determinar la disponibilidad o cantidad de forraje en la pradera es a través del método de disponibilidad por frecuencia (Arreaza et al., 2005), el cual consiste en construir una escala de producción de forraje (figura 1). En esta metodología, la figura 1 (a) representa la cantidad mínima de forraje y la figura 1 (e), la cantidad máxima de forraje. Para determinar los puntos mínimos y máximos disponibles de forraje del pasto hay que recorrer toda la pradera, cortar y pesar el forraje que existe en el marco utilizado. Los puntos intermedios (figura 1b, figura 1c y figura 1d) se localizan basados en los puntos de menor y mayor disponibilidad de forraje, que también deben ser cortados y pesados. Para cada punto cortado y pesado hay que determinar la cantidad de ms. Asimismo, hay que recorrer la pradera y hacer 40 observaciones visuales. En cada observación se debe calificar el rendimiento forrajero o el marco de la escala para determinar la cantidad de forraje de la pradera (Arreaza et al., 2005).

Altura (cm) _____



Figura 2. Regla forrajera para pasturas de kikuyo (*C. clandestinus*), que muestra una escala de colores para determinar el momento óptimo de cosecha, según la altura de la pradera.

Fuente: Elaboración propia

Otra forma de conocer la cantidad de forraje disponible en un potrero es a través de una regla forrajera, como la desarrollada por AGROSAVIA para el pasto kikuyo en el altiplano cundiboyacense. Esta herramienta, en términos generales, permite estimar la cantidad de ms de acuerdo con la altura de la pradera (figura 2). La escala de colores les ayuda a los productores a tomar decisiones sobre qué hacer con la pradera: el color rojo en la parte inferior indica que la pradera aún no está lista para pastorear (se pueden agotar las reservas de la planta para su posterior crecimiento); el color café de la parte inferior indica una transición hacia el momento óptimo de consumo; el color verde indica el momento óptimo de cosecha de la pradera (buena relación de producción de ms y calidad del kikuyo) y el color marrón de la parte superior indica que la calidad nutricional de la pradera ha disminuido y, por lo tanto, la producción de leche o carne será menor.

Ahora bien, teniendo en cuenta que las praderas no crecen igual todo el año, el productor de leche y el agente extensionista deben estar familiarizados con el proceso de crecimiento de las praderas a lo largo del año para proyectar la cantidad de forraje disponible en el tiempo. Lo anterior les permitirá hacer un balance adecuado de la oferta y la demanda de alimento. En la figura 3 se presenta la producción de forraje durante un año, el cual está asociado a factores ambientales.

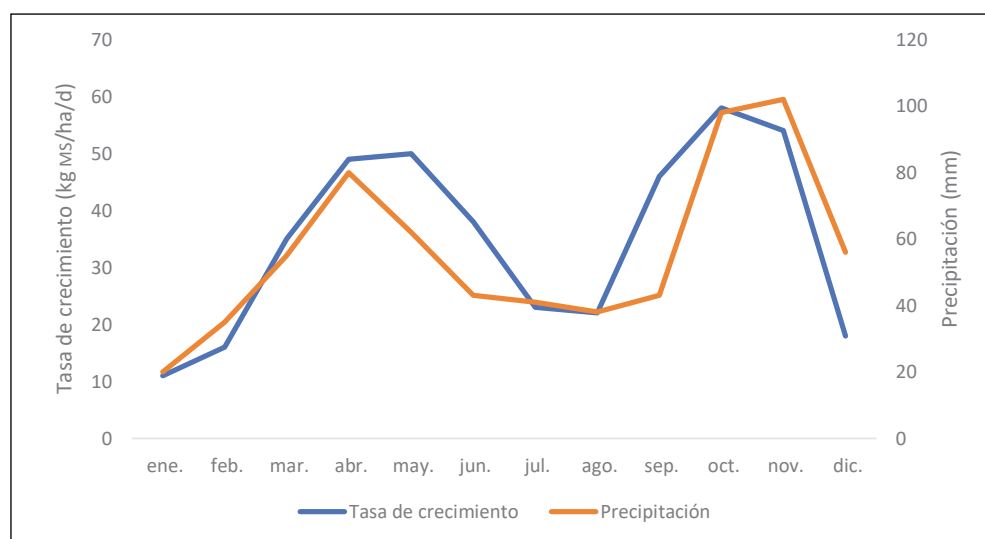


Figura 3. Curva de crecimiento de una pradera de kikuyo durante un año en el altiplano cundiboyacense.
Fuente: Elaboración propia

Además, es importante tener en cuenta que cuando se realice el pastoreo de la pradera de kikuyo, se debe asegurar una mínima cantidad de pasto residual (pasto que queda después del paso del ganado), con el fin de garantizar las reservas energéticas del pasto y procurar un crecimiento más rápido para la siguiente rotación. Cuando el pasto residual de la pradera de pasto kikuyo está por debajo de los 10 o 12 cm y se cosecha en épocas secas, el crecimiento de la pradera se vuelve lento.

Para realizar el balance se debe conocer la cantidad de hectáreas efectivas de la finca (las que se usan para producir pasto), tal como se muestra en el ejemplo de la figura 4. El valor del área total (18,24 ha) se multiplica por la tasa de crecimiento y se obtiene la cantidad de forraje disponible mensualmente.

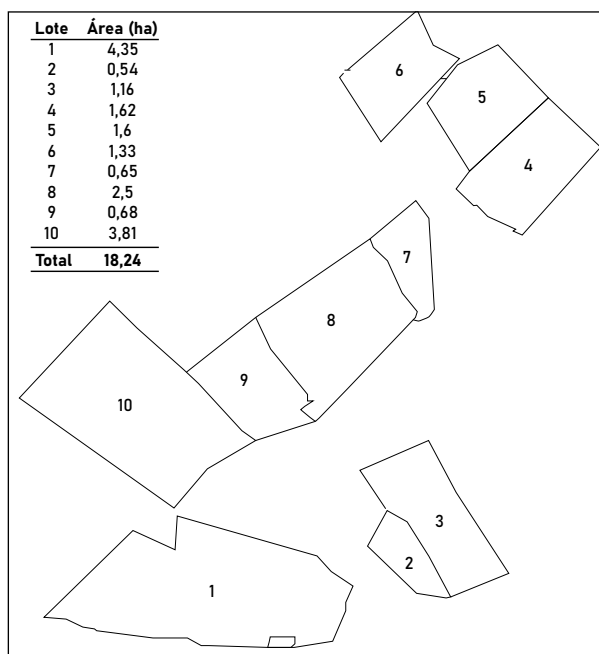


Figura 4. Área efectiva de pastoreo de una finca ubicada en el altiplano cundiboyacense.

Fuente: Elaboración propia

Tenga en cuenta que:

- Si el crecimiento del pasto es muy lento, la rotación de la pradera (días que transcurren desde la salida de los animales hasta cuando las vacas vuelvan a ingresar a ese mismo potrero) deberá ser mayor. Esto le permitirá a la planta recuperarse para el siguiente pastoreo.

- El pasto residual de la pradera para el pasto kikuyo debe estar por encima de los 10 a 12 cm.

Demanda de materia seca

La demanda de materia seca (DMS) es la cantidad de materia seca necesaria para cubrir los requerimientos de alimento de los animales de la finca. Para ello es necesario conocer:

- Los requerimientos de materia seca de los diferentes grupos de animales.
- El inventario de los animales de acuerdo con el estado fisiológico: vacas lactantes, vacas secas, novillas, terneras y toros.

Entonces, ¿cuánto consumen las vacas?

En la tabla 1 se presenta una guía de consumo de materia seca (CMS) de vacas lactantes de diferente peso vivo; allí se contempla el consumo de variados tipos de forraje (raigrás y kikuyo).

Tabla 1. Consumo de materia seca (kg ms/animal/d) de vacas en producción

Peso vivo (kg)	450			500			550		
Producción láctea (l/d)	8	12	16	8	12	16	8	12	16
Raigrás	10	13	16	11	13	16	11	14	16
Kikuyo	11	14	17	12	15	18	12	15	18

Fuente: Benavides et al. (2019)

De acuerdo con los días del mes, el inventario de animales en el hato lechero y los requerimientos de materia seca por grupo etario, es posible determinar la cantidad de ms que requiere el hato al mes. Esta cartilla incluye un formato que les facilitará a los productores determinar los requerimientos de materia seca para el consumo de los animales de su hato (Anexo 1).

Balance de materia seca

El balance de materia seca (BMS) permite establecer si a la finca le falta o le sobra pastura. Así, de acuerdo con el balance de materia seca de la finca, es posible tomar decisiones relativas al manejo, la oferta y la demanda para que el sistema sea eficiente en la producción de leche.

En la tabla 2 se muestra el balance de una finca. Se asume que 5 vacas productoras de leche consumen 14 kg de ms al día por animal durante cada mes del año. Como se observa, en los meses de febrero, marzo, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre falta pasto, mientras que en mayo, octubre y noviembre sobra pasto para alimentar a las vacas. El total de pasto requerido al año para alimentar cinco vacas es 25.550 kg de ms, pero como solo se dispone de 24.350 kg, el productor debe adquirir 1.200 kg para suplir el consumo de materia seca.

Tabla 2. Balance de forraje (kg/ms) de una finca lechera

Variable/ mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Oferta	2.250	1.800	2.100	2.100	2.200	2.000	1.900	1.900	1.800	2.000	2.200	2.100	24.350
Demanda	2.170	1.960	2.170	2.100	2.170	2.100	2.170	2.170	2.100	2.170	2.100	2.170	25.550
Balance	80	-160	-70	0	30	-100	-270	-270	-300	170	100	-70	-1.200

Fuente: Elaboración propia

¿Qué hacer cuando sobra pasto?

- Conservar forraje para mantener la producción en épocas críticas.
- Cortar el forraje y dejarlo en el terreno como abono verde.
- Vender o arrendar pastadas.
- Acelerar la rotación del pastoreo.
- Aprovechar para establecer o renovar praderas.
- Mejorar la condición corporal de los animales.

¿Qué hacer cuando falta pasto?

- Establecer cultivos forrajeros.
- Suplementar con otras fuentes de alimento (por ejemplo, concentrados, henos o tortas).
- Realizar una fertilización estratégica en épocas de lluvia.
- Arrendar o comprar pastadas.
- Disminuir la carga animal.



Capítulo II

¡No fertilice al ojímetro, porque pierde plata!

En el presente capítulo se hará una exposición de los factores a tener en cuenta para fertilizar adecuadamente las paraderas. Este es un proceso que debe hacerse siguiendo determinadas indicaciones.

¿Cuál es la importancia del suelo en los sistemas de producción de leche?

Es bien sabido que existe una relación estrecha entre el suelo y las plantas, puesto que el primero constituye una fuente de elementos minerales y orgánicos, y aire y agua, los cuales contribuyen al desarrollo y crecimiento de las plantas. Esto se traduce en una determinada cantidad de forraje producido, que servirá como alimento base para la ganadería de leche.

Relación suelo-pasto y producción de forraje de buena calidad

El suelo se asemeja a una esponja absorbente a la cual se adhieren los nutrientes disponibles para ser tomados por las raíces de las plantas y ser trasladados a los



puntos de crecimiento. Las plantas forrajeras son hábiles para absorber nutrientes del suelo y requieren grandes cantidades para su crecimiento. En este sentido, para tener una producción sostenida de forraje es clave entender que los pastos requieren la misma atención que recibe un cultivo de maíz y que, por lo tanto, se deben reincorporar periódicamente al suelo las cantidades extraídas por las pasturas. Esta restitución se logra a través de la práctica de la fertilización, la cual mejora el balance mineral de los suelos y permite mayores rendimientos de forraje.

Los elementos minerales esenciales para el desarrollo de todas las plantas son 16, sin embargo, cuando están presentes en bajas cantidades con relación a su demanda, pueden limitar el crecimiento (tabla 3). Los nutrientes se clasifican en:

Macronutrientes: son elementos que están en gran proporción en la constitución de los tejidos vegetales y, por consiguiente, la planta los extrae en altas cantidades. Estos son carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Micronutrientes: aunque los elementos menores son requeridos por las plantas en pequeñas cantidades, son esenciales para su óptimo desarrollo. Estos son cobre, hierro, manganeso, zinc y boro.

Tabla 3. Los nutrientes y sus respectivas funciones en las praderas y los cultivos forrajeros del trópico alto colombiano

Elemento	Función	Fuente
Carbono (C)	Constituye los carbohidratos necesarios para la fotosíntesis.	Aire
Hidrógeno (H)	Mantiene el balance osmótico y es fundamental en numerosas reacciones bioquímicas. Constituye diversos carbohidratos.	Agua
Oxígeno (O)	Constituye los carbohidratos necesarios para la respiración.	Agua/Aire
Nitrógeno (N)	Constituye las proteínas, la clorofila y los ácidos nucleicos. Se debe realizar un uso eficiente.	Aire/Suelo
Fósforo (P)	Constituye muchas proteínas, coenzimas y ácidos nucleicos. Es importante en la transferencia de energía.	Suelo
Potasio (K)	Está involucrado en la fotosíntesis, el transporte de carbohidratos, la síntesis de proteínas y el balance hídrico.	Suelo
Calcio (Ca)	Es un componente de las paredes celulares y juega un rol crucial en la estructura y permeabilidad de las membranas.	Suelo
Magnesio (Mg)	Es activador de enzimas y componente de la clorofila.	Suelo
Azufre(S)	Es un importante componente de las proteínas de las plantas.	Suelo

(Continúa)

(Continuación tabla 3)

Elemento	Función	Fuente
Boro (B)	Es importante para el movimiento de azúcares y la polinización.	Suelo
Cloro (Cl)	Está involucrado en la producción de oxígeno durante la fotosíntesis.	Suelo
Cobre (Cu)	Es catalizador de la respiración y componente de varias enzimas.	Suelo
Hierro (Fe)	Está involucrado en la síntesis de clorofila y enzimas.	Suelo
Manganeso (Mn)	Participa en la fotosíntesis.	Suelo
Molibdeno (Mo)	Está involucrado en la fijación de nitrógeno.	Suelo
Zinc (Zn)	Participa en las funciones estructurales de las reacciones enzimáticas.	Suelo

Fuente: Elaboración propia con base en Rodríguez et al. (2019)

¿Qué factores afectan la disponibilidad de nutrientes en el suelo?

Humedad: facilita que las raíces absorban los nutrientes presentes en el suelo.

Aireación: el oxígeno en el suelo es indispensable para que las raíces absorban los nutrientes eficientemente. La falta de aireación en el suelo ocurre generalmente por exceso de agua o por compactación.

Potencial de hidrogeniones (pH): la acidez del suelo afecta la disponibilidad de todos los nutrientes de las plantas, especialmente de los macrominerales. Ahora bien, la acidez asociada a la presencia de aluminio generalmente se presenta en suelos con un pH menor a 5,5. Esta es la acidez más limitante y se asocia a un bajo desarrollo de las raíces. Por otro lado, usualmente, todos los nutrientes están disponibles cuando el pH oscila entre 5,7 y 6,5.

El análisis del suelo como herramienta para una buena fertilización

Gracias a los análisis de suelo es posible determinar qué nutrientes están presentes en él. Si el contenido de nutrientes es alto, no es necesario aplicarlos, aunque se puede hacer en pequeñas cantidades para maximizar la respuesta productiva del forraje. Por el contrario, si la disponibilidad es baja, se requiere su aplicación para garantizar una buena producción de forraje. Es fundamental considerar la cantidad de MS que la finca necesita.

AGROSAVIA desarrolló un protocolo para la toma y el envío de muestras al laboratorio de suelos (figura 5), que le permite a cada productor enviar muestras desde un punto de mensajería de Servientrega en su municipio y, a vuelta de correo, recibir los resultados con una breve interpretación.



Figura 5. Protocolo para la toma de muestras de suelos para realizar el plan de fertilización en la finca acorde a la cantidad de MS requerida en la finca.

Fuente: Corpoica (2017)

El análisis químico de los suelos determina la proporción en la que se encuentran los nutrientes. Un exceso de alguno de estos podría bloquear la absorción de otro, aunque este último se encuentre en altas cantidades. A continuación se presenta un ejemplo de la interpretación de los niveles de los nutrientes en el suelo (tabla 4). Se recomienda al ganadero recibir asesoría técnica para interpretar correctamente los resultados, ya que son varios los factores que deben tenerse en cuenta.

Tabla 4. Resultados y valores guía para interpretar un análisis de suelos en el trópico de altura colombiano

Nutrientes		Nivel de interpretación		
		Bajo	Medio	Alto
Unidades (cmol ₍₊₎ /kg)				
Ca		Menor de 3,0	3,0-6,0	Mayor de 6,0
Mg		Menor de 1,5	1,5-2,5	Mayor de 2,5
K		Menor de 0,2	0,2-0,4	Mayor de 0,4
Unidades (mg/kg)				
P		Menor de 20,0	20,0-40,0	Mayor de 40,0
S		Menor de 10,0	10,0-20,0	Mayor de 20,0
Fe		Menor de 25,0	25,0-50,0	Mayor de 50,0
B		Menor de 0,2	0,2-0,4	Mayor de 0,4
Cu		Menor de 2,0	2,0-3,0	Mayor de 3,0
Mn		Menor de 5,0	5,0-10,0	Mayor de 10,0
Zn		Menor de 1,5	1,5-3,0	Mayor de 3,0
Materia orgánica según el clima (%)				
Frío		Menor de 5,0	5,0-10,0	Mayor de 10,0
Medio		Menor de 3,0	3,0-5,0	Mayor de 5,0
Cálido		Menor de 2,0	2,0-3,0	Mayor de 3,0
pH				
Valor			Categoría	
Menor de 5,5			Extremadamente ácido	
5,5-5,9			Moderadamente ácido	
6,0-6,5			Adecuado	
6,6-7,3			Neutro	
7,4-8			Alcalino	
Mayor de 8			Muy alcalino	
Conductividad eléctrica (Grado de salinidad) dS/m				
No salino	Ligeramente salino	Moderadamente salino	Fuerte	Muy fuerte
0,0-0,2	3,0-4,0	4,0-8,0	8,0-15,0	Mayor de 15

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (1992); Microfertisa S. A. (2006)

Condiciones físicas del suelo

De las propiedades físicas de los suelos, la más importante es la estructura, que es la forma como se agrupan las partículas y se regula la aireación, el intercambio

gaseoso, el almacenamiento de agua, la temperatura, la penetración, el desarrollo de las raíces y la movilización de los nutrientes. La estructura tiende a deteriorarse con el pastoreo continuo por compactación. La eficiencia de los fertilizantes en estas condiciones tiende a ser baja porque estos no pueden penetrar el suelo y se pierden fácilmente por acción de la lluvia (escorrentía) o el viento.

En suelos arenosos, los fertilizantes se deben aplicar en dosis bajas y frecuentes para evitar pérdidas (lixiviación). Por el contrario, los suelos arcillosos retienen mejor los fertilizantes. Otro factor importante es la topografía del terreno, puesto que en aquellos con pendientes pronunciadas se debe distribuir la mayor cantidad de fertilizante en las zonas altas, no en las bajas, ya que por el efecto de las lluvias los fertilizantes pueden arrastrarse hacia zonas más bajas.

¿Cómo lograr una mejor fertilización de las praderas?

Una adecuada fertilización de las praderas evita las pérdidas de componentes químicos y la consecuente contaminación de las aguas subterráneas, mientras promueve el crecimiento y desarrollo de las pasturas o cultivos forrajeros, de acuerdo con su estado fenológico.

Relación con el clima

Conocer la cantidad de lluvia que cae en una región es importante en términos del aprovechamiento de los fertilizantes por parte de las plantas, ya que estos son más solubles con buenas condiciones de humedad. En zonas con altas precipitaciones, los fertilizantes se deben aplicar en bajas cantidades y con mayor frecuencia. Por el contrario, en zonas secas, la aplicación de los fertilizantes debe ser estratégica y se deben aprovechar al máximo las lluvias o las aplicaciones de riego.

Relación con la planta

Las especies forrajeras tienen diferentes requerimientos nutricionales. Los pastos y cereales forrajeros (por ejemplo, el kikuyo, el raigrás, la avena, el trigo o la cebada) demandan grandes cantidades de nitrógeno, mientras que las leguminosas (por ejemplo, el trébol) requieren más fósforo, calcio y azufre.

La fertilización dependerá de los siguientes factores:

- La cantidad de forraje que requiere la finca durante el año.
- La capacidad de las especies para extraer nutrientes del suelo.
- El potencial productivo de la especie.
- El requerimiento nutricional de la especie.
- Si la pradera está establecida en mono o policultivo.
- La cantidad de animales que pastorean la pradera.
- La época del año.
- El manejo de las praderas.
- El tipo de suelo.
- Las condiciones del suelo.

En la medida en que la fertilización se implemente como una actividad indispensable en los procesos de la finca, los rendimientos y la calidad del forraje incrementarán.

Relación con el componente biológico del suelo

Los agentes biológicos (macro y microorganismos) juegan un papel importante en la formación y la dinámica de los nutrientes en el suelo. Agentes como las bacterias, los hongos, las algas, los cucarrones, las lombrices, entre otros, descomponen los residuos vegetales y animales y contribuyen a la formación de *humus*, un coloide que le confiere características físicas y químicas deseables al suelo, con lo cual se mejora la fertilidad y la capacidad de retención de agua.

Agentes biológicos como las bacterias del género *Rhizobium* spp. que trabajan en asociación con las raíces de las plantas leguminosas contribuyen a la fijación y liberación de nitrógeno atmosférico en los nódulos radiculares.

¿Qué son los fertilizantes?

Los fertilizantes son insumos que tienen un alto costo económico, además, su aplicación indebida o en exceso puede afectar al medio ambiente, por lo cual es indispensable darles un uso adecuado. Este dependerá de la aplicación de los nutrientes convenientes en la proporción y la cantidad correctas, teniendo en cuenta las condiciones del suelo y la pradera, los requerimientos de materia seca y la época de aplicación.

¿Qué factores se deben tener en cuenta al momento de aplicar fertilizantes?

A continuación, se mencionan algunos factores importantes al momento de aplicar fertilizantes, entre ellos, la fórmula o composición, la fuente de los elementos, la dosis, la frecuencia, la época de aplicación, la fertilización para mezclas gramínea-leguminosa, la fertilización estratégica o de capitalización y los métodos de aplicación.

Fórmula o composición

La fórmula o composición es la cantidad de nutrientes que tiene el fertilizante y, en el caso de fertilizantes compuestos, consiste en tres números que representan las proporciones expresadas en porcentaje (%) de cada nutriente, a saber: nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O). Por ejemplo, cuando se especifica que el fertilizante tiene una proporción de 40-20-10, este contiene 40 % de N, 20 % de P y 10 % de K. En el caso de los fertilizantes simples, contienen solo un elemento, como la urea (N) o el cloruro de potasio (K). En la tabla 5 se presenta el listado de los fertilizantes más utilizados en el trópico alto colombiano.

Tabla 5. Composición química de los fertilizantes más usados para praderas y cultivos forrajeros

Fertilizante	Concentración (%)	Nutriente
Urea	46	N
Sulfato de amonio	21	N
	14	S
Nitrato de calcio	15	N
	26	CaO
Fosfato monoamónico (MAP)	50	P ₂ O ₅
	10	N

(Continúa)

(Continuación tabla 5)

Fertilizante	Concentración (%)	Nutriente
Fosfato diamónico (DAP)	46	P ₂ O ₅
	18	N
Superfosfato triple	46	P ₂ O ₅
	13,6	CaO
	1,4	S
Cloruro de potasio (KCl)	60	K ₂ O
Sulfato de potasio	50	K ₂ O
	18	S
Sulfato de magnesio	13	S
	18	Mg
Nitrato de potasio	44	K ₂ O
	13	N
Kieserita	28	Mg
	21	S
Sulfato de zinc	25	Zn
	11	S
Borocinco	2,5	B
	15	Zn
Flor de azufre	80-90	S
Sulfato de calcio (yeso agrícola)	17	S
	22	Ca

Fuente: Elaboración propia con base en Melgar (2006)

Fuente de los elementos

La fuente de elementos se refiere al origen del elemento y se describe con una fórmula química de su composición relacionada con la solubilidad y el residuo que deja en el suelo. Cuando se aplica fósforo (P), existen fertilizantes de lenta solubilidad, como la roca fosfórica, y de rápida solubilidad, como el superfosfato triple. Para el caso de la residualidad, el ejemplo más claro es el de la urea, que al solubilizarse tiende a acidificar el suelo.

Dosis

La dosis es la cantidad de nutrientes que se debe aplicar y se expresa en kg/ha, por ejemplo, de N, P₂O₅, K₂O, MgO y S. Es importante seguir las recomendaciones del técnico y el agente extensionista para mejorar la rentabilidad de la finca.

Frecuencia y época de aplicación

La tasa de crecimiento esperada de cada especie y la época climática, entre otros factores, definen la periodicidad en la aplicación de los nutrientes. El momento oportuno de aplicación dependerá de una buena humedad del suelo, que le facilita a la planta asimilar los nutrientes disponibles. Para el establecimiento de praderas es aconsejable aplicar fertilizantes por lo menos 30 días antes de la siembra, así se evita la quema de las plántulas germinadas.

La fertilización para mezclas gramínea-leguminosa

Cuando se establecen este tipo de asociaciones, se reduce la aplicación de fertilizantes nitrogenados (en relación con gramíneas puras), debido a que las leguminosas fijan el nitrógeno atmosférico y hacen posible una disminución en los costos de mantenimiento de la pradera.

Fertilización estratégica o de capitalización

La fertilización estratégica o de capitalización se refiere a la aplicación de fertilizantes cuando la humedad y la temperatura del suelo son adecuadas. Esto se hace con el fin de aumentar la producción, alargar el periodo de pastoreo y así asegurar por más tiempo el forraje disponible en la pradera (por ejemplo, el inicio o la culminación de lluvias). Para esto es importante conocer la cantidad de ms que la finca requiere.

Nota: La respuesta de las plantas frente a la fertilización nitrogenada es de cuatro semanas si se cuenta con una humedad y temperatura adecuadas.

Métodos de aplicación

Los fertilizantes suelen aplicarse al voleo, bien sea de manera manual o con maquinaria. Lo importante es lograr un efectivo cubrimiento del fertilizante en el área del lote.

Enmiendas para corregir la acidez del suelo

Las enmiendas son productos que se adicionan al suelo para corregir y mejorar al menos una condición química, física o biológica. Esto posibilita un adecuado desarrollo de los pastos (Osorno, 2012). Una de las enmiendas más conocidas es la aplicación de cal para corregir la acidez del suelo. De acuerdo con lo anterior, las enmiendas reaccionan con el agua del suelo para incrementar el valor del pH, es decir, reducir la acidez. De esta manera se potencializa la actividad biológica y se mejora la estructura del suelo, así como la disponibilidad de los nutrientes.

La mayoría de las especies forrajeras importadas no toleran una alta acidez del suelo, por lo que los rendimientos esperados en condiciones naturales son generalmente bajos. En este sentido, se debe asegurar un pH entre 5,8 y 6,3, con el cual se garantiza una adecuada disponibilidad de nutrientes en el suelo. Por ejemplo, el pasto kikuyo y algunos cereales forrajeros son tolerantes a pH moderadamente ácidos; por el contrario, especies forrajeras como el raigrás, los tréboles y las alfalfas requieren un pH cercano a la neutralidad (7,0). Por lo tanto, es indispensable aplicar enmiendas para facilitar su desarrollo, productividad y garantizar su persistencia a largo plazo. En la tabla 6 se presentan algunos de los correctores de acidez más utilizados.

Tabla 6. Correctores de acidez encontrados en el mercado de Colombia para el trópico alto colombiano

Tipo de material	Composición (%)		
	CaO	MgO	P ₂ O ₅
Cal agrícola	56		
Cal viva	90		
Cal apagada	90		
Calfos	40	0,5	27
Cal dolomita	35	15	
Escoria Thomas	50	11	

Fuente: Elaboración propia

- Cal viva: es el resultado de calcinar la piedra caliza molida y se utiliza para mejorar el pH del suelo. Su contenido de óxido de calcio es superior al 70 %. La aplicación de cal viva debe hacerse con extremo cuidado, ya que reacciona al contacto con el agua y puede producir quemaduras sobre la piel de quien la manipule.
- Cal agrícola: es la piedra caliza molida que se usa para mejorar la condición ácida del pH del suelo. Su contenido de carbonato (CaCO) debe ser superior al 40 %.

- Cal dolomita: es la roca molida, con predominio de carbonato de calcio y magnesio. Sus concentraciones varían de acuerdo con el tipo de roca presente en la zona de extracción. Tiene una reacción lenta en el suelo (> 60 días), pero su efecto es prolongado (3-5 años). Por otro lado, su manipulación en el campo no presenta contraindicaciones debido a que no es un producto cáustico.
- Cal hidratada: es la piedra caliza quemada a temperaturas altas y enfriada con agua para lograr la desintegración del material en partículas finas.

Es importante realizar una incorporación de las enmiendas en el suelo como mínimo 30 días antes de la siembra, con el fin de permitir su reacción. Asimismo, se deben distribuir de forma homogénea (al voleo o con implementos agrícolas) y aplicar al suelo con implementos de discos para asegurar su efectividad.

El reto: conservar las condiciones adecuadas del suelo

Es clave que el productor entienda la importancia de mantener en el suelo un equilibrio físico, químico y biológico; este factor es la base fundamental del sistema productivo. A este respecto, hay que agregar que dicho equilibrio ha sido quebrantado por años de inadecuadas prácticas agrícolas y su efecto ha generado el empobrecimiento y la degradación de los suelos, los cuales no pueden mantener una adecuada productividad, aun con altas aplicaciones de fertilizantes de síntesis química.

Es por ese motivo que la producción de forraje debe ir acompañada de buenas prácticas agrícolas que garanticen la protección del suelo. El uso de implementos agrícolas que promuevan la porosidad sin voltear las capas fértiles y la aplicación periódica de fertilizantes de índole orgánico que estimulen y mantengan la vida en el suelo son factores cruciales para su sostenibilidad.





Capítulo III

Sembrar bien es clave para una producción exitosa

Si tras haber hecho el balance de alimentación se evidencia una escasez de pasto, es probable que el productor decida sembrar algún cultivo forrajero para mantener a los animales produciendo todo el año. Así pues, en las siguientes páginas se darán las indicaciones pertinentes para sembrar y mantener dicho cultivo con el fin de obtener una alta productividad.

¿Qué hacer para que no falte comida en la finca? ¿Cuál es la mejor opción?

Los cultivos forrajeros son una opción económica y viable para cubrir el déficit de materia seca en las fincas durante las épocas de baja producción de forraje. Como se vio en el primer capítulo, existen varias formas de enfrentar la falta de alimento en la finca, sin embargo, hay que tener en cuenta que, como una alternativa económica, es mejor producir el forraje propio para garantizar que los animales mantengan una alta producción. Asimismo, se pueden adquirir materias primas o subproductos como el afrecho de cervecería, los granos de destilería, los concentrados

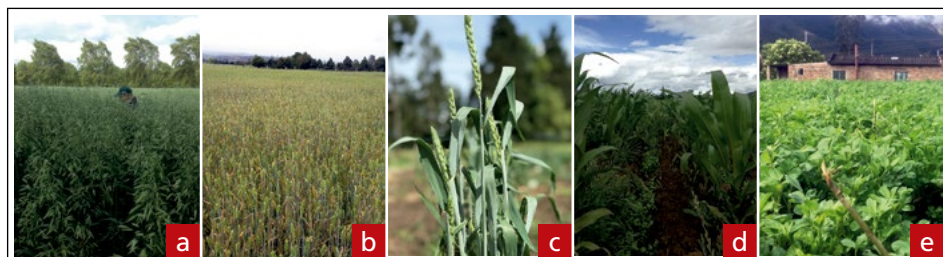
y los residuos de cosecha (papa, zanahoria, etc.), los cuales permiten cubrir los requerimientos de nutrientes. En todos los casos es necesario hacer el análisis económico de la inversión para tomar la mejor decisión.

Recuerde que...

El pasto kikuyo es la especie forrajera de uso más extendido para la producción de leche en el trópico alto colombiano. Sin embargo, esta especie de forraje es susceptible a las heladas, a las bajas temperaturas y al ataque del chinche de los pastos (*Collaria* sp.). Además, presenta una alta estacionalidad en su producción, asociada a la precipitación (como se mostró en el capítulo 1). Dicho factor, sumado al manejo deficiente de las praderas, afecta la producción de leche de los sistemas productivos. Por otro lado, el pasto kikuyo contiene niveles de nitrógeno elevados, elemento que es altamente soluble, y niveles bajos de carbohidratos no estructurales, lo cual incrementa las cantidades de nitrógeno que son eliminadas por la orina del ganado; esto repercute en la contaminación de los suelos y las aguas.

¿Qué son los cultivos forrajeros y cuál es el más recomendado?

Los cultivos forrajeros se siembran con el fin de proveer alimento para el ganado y cumplir con los requerimientos de MS de los animales a lo largo del año. Los cultivos forrajeros intensifican y potencializan el sistema de producción en un área menor (mayor capacidad de carga). Actualmente, en el altiplano cundiboyacense existen diferentes opciones de cultivos forrajeros temporales o permanentes, tales como cereales (por ejemplo, avena, cebada, trigo y maíz) y leguminosas (por ejemplo, alfalfa, tréboles y vicia). Estos, además de cumplir con los requerimientos de MS, contienen fibra de buena calidad que contribuye con el mantenimiento de la eficiencia productiva, especialmente en las épocas de sequía y de estacionalidad en la producción de forraje (figura 6).



Fotos: Javier Castillo Sierra

Figura 6. Opciones de cultivos forrajeros para el trópico de altura colombiano. a. Avena forrajera altoandina (*Avena sativa*) en Simijaca, Cundinamarca (2015); b. Cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) en Toca, Boyacá (2015); c. Trigo forrajero (*Triticum aestivum*) en Mosquera, Cundinamarca (2015); d. Maíz forrajero (*Zea mays*) en Toca, Boyacá (2015); e. Alfalfa (*Medicago sativa*) en Belén, Boyacá (2019). Fuente: Elaboración propia

Aunque en el altiplano cundiboyacense el maíz para ensilar puede tardar hasta seis meses, es una buena opción para llenar los requerimientos de materia seca y, además, incrementar la producción de leche debido a su alto contenido de carbohidratos.

Avena forrajera altoandina

Una de las mejores alternativas para la producción de forraje es la avena forrajera, debido a su ciclo corto de producción, su calidad nutricional y su bajo requerimiento de agua. Por eso, AGROSAVIA desarrolló la variedad de avena forrajera altoandina (figura 7) como estrategia para la suplementación en los sistemas de producción en ganadería de leche.



Foto: Javier Castillo Sierra

Figura 7. Avena forrajera altoandina en estado de floración.

La avena altoandina se caracteriza por la buena relación entre la hoja, el tallo y el grano y por producir entre 10,6 y 24,8 toneladas de materia seca por hectárea cuando el cultivo está en buenas condiciones. Al momento de la cosecha (grano lechoso-pastoso), la planta puede alcanzar una altura que oscila entre 140 y 170 cm (Campuzano et al., 2020).

¿Cómo sembrar avena altoandina?

a. Planificar la siembra

Antes de establecer el cultivo, es fundamental calcular o revisar los requerimientos de MS (presupuesto de alimentación) que necesita el hato durante el año para mantener niveles de producción de leche eficientes.

b. Seleccionar el lote

Preferiblemente, hay que seleccionar un lote con topografía plana o con poca pendiente (no mayor a 20 %) en zonas aptas para el cultivo forrajero. El lote debe ser de fácil acceso para la maquinaria y los implementos, poco inundable, con posibilidades de riego y no debe perjudicar las zonas de reserva y conservación. Es importante cercar el lote.

c. Tomar una muestra de suelo para saber qué aplicar

Es necesario tomar una muestra de suelo siguiendo el protocolo diseñado por AGROSAVIA (ver capítulo 2) y enviarla al laboratorio de química y física de suelos. De ser necesario y dependiendo de los resultados de los análisis, hay que aplicar enmiendas al suelo.

d. Preparar adecuadamente el suelo

En caso de que el lote a sembrar esté establecido con pasto kikuyo, es recomendable pastorear la pradera por debajo de 10 cm; de esta manera se asegura un remanente de forraje que permita un funcionamiento adecuado de los herbicidas sistémicos que se aplicarán posteriormente. De acuerdo con la topografía del lote, se debe seleccionar la maquinaria adecuada (yunta, tractor con implementos, entre otros). Se recomienda preparar el suelo mediante dos pases cruzados de implementos de labranza mínima y vertical (cincel rígido y rastra pulidora) que garanticen una buena cama de siembra: de 15 cm de profundidad.

- Con el fin de conservar y mantener la calidad del suelo, es importante utilizar labranza vertical como cinceles rígidos o vibratorios (figura 8).



Foto: Javier Castillo Sierra

Figura 8. Labranza vertical para el establecimiento de la avena forrajera altoandina en una finca del altiplano cundiboyacense.

- Es crucial trabajar el suelo cuando este se encuentre en condiciones adecuadas (no hacerlo cuando esté muy seco o húmedo).
- Debe dejarse el suelo con una partícula fina para tener buen contacto semilla-suelo.
- El suelo debe quedar nivelado, puede apretarse con un rodillo con el fin de reafirmar la cama de la semilla (consolidación).
- En zonas empinadas, se recomienda hacer la preparación del suelo en contra de la pendiente, para conservar el suelo y evitar la erosión (figura 9).



Foto: Javier Castillo Sierra

Figura 9. Preparación del suelo en contra de la pendiente para el establecimiento de la avena forrajera altoandina en una finca del altiplano cundiboyacense.

e. Aplicación de la semilla

La aplicación de la semilla de avena altoandina se puede realizar de forma manual o con sembradora mecánica. Es recomendable utilizar una densidad de 70 kg/ha para realizar ensilaje.

- Se debe dividir el lote en franjas o melgas iguales para que la siembra sea uniforme. Si se hace al voleo, es necesario dividir la cantidad de semilla en el número de melgas realizadas.
- La profundidad de siembra debe ser máximo 7 veces el grueso de la semilla. Debe taparse la semilla con un pase de rastrillo o ramas de manera superficial (figura 10). En lo posible, si el productor cuenta con el implemento en la finca, hay que consolidar el suelo con el fin de garantizar un establecimiento adecuado del cultivo.



Foto: Javier Castillo Sierra

Figura 10. Tapado de la semilla de la avena forrajera altoandina con un rodillo.

- Si hay calvas o espacios donde algunas de las especies no germinaron, debe resembrarse inmediatamente.
- Es fundamental comprar semilla certificada y tolerante o resistente a roya. Asimismo, se aconseja realizar una prueba de germinación.

f. Fertilización

La fertilización se realiza con base en los resultados del análisis de suelo. Las cantidades de enmiendas y fertilizantes se deben aplicar en tres momentos claves para el adecuado desarrollo del cultivo, tal como se describe a continuación:

Antes de la siembra: aplicar enmiendas calcáreas y fertilizantes fosforados más el 33 % de la fertilización total recomendada.

Macollamiento: aplicar el 33 % de la fertilización total recomendada.

Floración: aplicar el 33 % de la fertilización total recomendada.

g. Control de plantas herbáceas

Por lo general, en el estado de macollamiento hay presencia de plantas no deseadas, especialmente de hoja ancha que competirá por luz y fertilizantes con la avena altoandina, por lo cual se recomienda realizar el control mediante la aplicación de herbicidas selectivos.





Capítulo IV

Indicaciones para no perder comida al conservar forraje

La elaboración correcta de un ensilaje evita pérdidas de material vegetal y asegura una adecuada fermentación. Lo anterior permite la conservación de la biomasa una vez el silo sea abierto y garantiza un adecuado consumo por parte de los animales.

¿Por qué es importante conservar forraje?

En la producción ganadera es de gran importancia disponer de alimento frecuente y de buena calidad para los animales, sobre todo ante situaciones críticas como largos periodos de sequía o de inundaciones que puedan incidir en una disminución de la base forrajera de la finca.

El ensilaje es una de las estrategias de conservación de forrajes o cultivos forrajeros usadas por los ganaderos, que ofrece un recurso con alta palatabilidad. El ensilaje permite un aprovechamiento de los excedentes de forraje producidos en la finca en épocas de lluvia. Asimismo, se puede utilizar la biomasa producida tras el establecimiento de cultivos forrajeros

de gramíneas como la avena o el maíz que hayan sido sembrados para suplir la carencia de alimento durante los meses de balance forrajero negativo.

¿Qué métodos existen para conservar forraje?

Los principales métodos usados para conservar forraje se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Métodos de conservación de forraje

Ítem		Ensilaje	Henolaje	Heno
Principio		Conservación mediante fermentación anaerobia (sin aire).	Conservación de forraje oreado mediante fermentación anaerobia.	Deshidratación del forraje para inhibir el crecimiento microbiano.
Forrajes que se usan regularmente		Gramíneas (maíz, avena, raigrás y kikuyo) y leguminosas (alfalfa y trébol).	Gramíneas (raigrás y kikuyo) y leguminosas (alfalfa y trébol).	De trópico bajo: gramíneas (guinea y angletón) y leguminosas (kudzu).
Requerimientos	Maquinaria	Machete, guadaña, cosechadora, pica pasto, ensiladora o pisador.	Tractor, segadora con acondicionador, enfardadora.	Tractor, segadora, hiladora o enfardadora.
	Mano de obra	Alta.	Media.	Media.
	Infraestructura	Bodega.	Ninguna.	Lote.
Materia seca final		20-35 %	55-65 %	80-85 %
Calidad del producto final		- Buena calidad nutricional. Color verde amarillento. - Olor agradable, parecido al del guarapo. - Libre de hongos.	- Buena calidad nutricional. - Color verde amarillento. Consistencia semihúmeda - Libre de hongos.	- Limitada calidad nutricional. - Color amarillento. - De consistencia seca.
Ventajas		- Mejora la palatabilidad de los forrajes. - Se puede almacenar por largos periodos sin perder su calidad nutricional.	- Se puede guardar por varios años, sin perder su calidad nutricional. - Se puede almacenar en espacios abiertos o en lotes.	Menor uso de mano de obra durante su elaboración.
Desventajas		- Requiere de mayor tiempo, manejo, maquinaria y disponibilidad de mano de obra.	- Alto costo de materiales (plástico de polietileno). - Disponibilidad y costo de maquinaria para el enfardado.	- Pérdida de hojas de las plantas durante el proceso de elaboración y, por ende, disminución de la calidad nutricional.

Fuente: Arreaza et al. (2012); Caicedo (2008); Food and Agriculture Organization [FAO] (2001); Sánchez (2005)

Factores a tener en cuenta para el ensilaje

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos antes de realizar un ensilaje:

- Se debe identificar el punto óptimo de cosecha para el tipo de material forrajero que se va a conservar (figura 11). Esto permitirá aprovechar el mayor rendimiento de biomasa y los mayores valores de contenido nutricional. El estado lechoso-pastoso es considerado el momento óptimo de cosecha para los recursos cereales que se usan regularmente en el trópico alto (Arreaza et al., 2012).



Fotos: Javier Castillo Sierra

Figura 11. Tiempos promedio de cosecha de gramíneas forrajeras en estado de grano lechoso-pastoso. a. Avena forrajera altoandina 120 días después de la siembra en Facatativá, Cundinamarca (2010); b. Maíz forrajero de 150 a 180 días después de la siembra en Toca, Boyacá (2015); c. Cebada forrajera 100 días después de la siembra en Paipa, Boyacá (2011); d. Trigo con potencial forrajero 110 días después de la siembra en Mosquera, Cundinamarca (2021).

b. Conocer los tipos de silo más utilizados (tabla 8).

Tabla 8. Principales tipos de silo

Tipos de silo	Descripción	Figura
Silo bolsa	Se usan bolsas plásticas de polietileno de calibre número 6, con fuelle, de 120 cm de largo por 60 cm de ancho. Esta forma de ensilar facilita el almacenamiento, transporte y manejo a las personas que manipulan el material, y disminuye las pérdidas del material conservado (capacidad promedio por bolsa: 50 kg de biomasa de forraje).	 Silo bolsa en Mosquera, Cundinamarca (2013).
Silo de montón	Es un silo horizontal de superficie que consiste en una lámina de plástico calibre número 6 que se extiende en el piso sobre la cual se almacena el material picado y pisado fuertemente para sacar todo el aire. Este se forra y cierra herméticamente con la misma lámina plástica.	 Silo de montón en Toca, Boyacá (2015).
Silo búnker	Se caracteriza por su construcción, que suele ser en concreto y está ubicada sobre el nivel del suelo. Sus paredes laterales y la base forman un trapecio invertido que facilita la compactación del material forrajero a conservar.	 Silo búnker en Villavicencio, Meta (2008).
Horno forrajero	Silo de construcción fácil y económica. Consiste en abrir o aprovechar un hueco en el suelo, rectangular o cuadrado, con desnivel en el fondo y drenaje. Debe tener una capacidad mínima de 4 m³ y máxima de 10 m³. La mayor ventaja es que permite almacenar la planta completa del forraje utilizado.	 Horno forrajero en Pasto, Nariño (2009).

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Javier Castillo Sierra y Carlos Londoño Vélez

- c. Identificar la maquinaria y los elementos requeridos para conservar el forraje según el silo seleccionado.

Por ser un método de ensilaje de fácil aplicación para cualquier tipo de productor ganadero, a continuación, se presentará en detalle el proceso de ensilaje en bolsa.

- Cuánto forraje se debe ensilar

Para determinar la cantidad de forraje que se debe ensilar es necesario conocer el área sembrada expresada en metros cuadrados (m^2). Si el dato del área se tiene en hectáreas, se multiplica la cantidad de hectáreas (ha) por 10.000 m^2 para convertirla. Después se debe realizar un aforo del área sembrada para conocer la cantidad de forraje verde disponible por unidad de área.

Ejemplo:

Para calcular la cantidad de forraje disponible para ensilar, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Forraje verde disponible (kg)} = \text{Aforo (kg FV/m}^2\text{)} \times \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Eficiencia de cosecha} \\ ([100 - \text{pérdidas}]/100)$$

Entonces, si se aplica la fórmula anterior en un área sembrada de 2.000 m^2 con avena, un aforo forrajero de 3 kg de forraje verde por m^2 y una eficiencia de cosecha del 80 %, se tiene que:

$$\text{Forraje verde disponible (kg)} = 3 \text{ kg/m}^2 \times 2.000 \text{ m}^2 \times ((100 - 20)/100) = 4.800 \text{ kg}$$

De acuerdo con los cálculos anteriores, se dispondrá de 4.800 kilogramos de avena para ensilar.

- Materiales y recursos requeridos

Para continuar con el ejemplo, en la elaboración del ensilaje de avena se requieren los recursos presentados en la tabla 9.

Tabla 9. Requerimientos para ensilar forraje de avena

Actividad	Materiales y equipos	Especificaciones	En nuestro ejemplo
Cosecha	Cosechadora	Para forraje de 1 o 2 surcos, con rotor de cuchillas tipo “C”, incluyen picadora.	Utilizar una guadaña con los implementos de seguridad.
	Machete	Tipo tres canales.	
	Guadaña	Hay de diferentes marcas en el mercado, recomendable que sea mínimo de 25 cm ³ .	
Picado	Picadora o pica pasto	Puede ser con fuente de poder eléctrica o a gasolina, de dos o tres cuchillas, preferiblemente con ajuste de corte (diferentes tamaños de picado).	Utilizar una pica pasto con motor a gasolina de dos cuchillas.
Empaque	Bolsas plásticas de polipropileno	Calibre 6 con fuelle, dimensiones de 60 cm de ancho por 120 cm de largo, con capacidad para 50 kg.	Se requieren 96 bolsas con capacidad de 50 kg (4.800/50).
Empaque y compactación	Silo pack	Equipo con motor diésel de 10 HP, o a gasolina de 12 HP, que también puede ser operada con la fuerza del tractor, con un rendimiento aproximado de 2 t/hora (este depende del tipo de forraje, el tiempo de puesta de la bolsa y el número de personas que alimentan la tolva).	Emplear a cuatro personas para realizar el empaque.
	Mano de obra	Personal con habilidades o capacitación para empacar grandes cantidades de forraje picado.	
Agregación de aditivos	Glicerina	Subproducto de la producción de biodiesel (palma de aceite), no requiere ser diluida en agua. Utilizar en cantidad de 2 kg por cada 1.000 kg de forraje a ensilar.	Utilizar 96 kg de glicerina (4.800 kg forraje x 20 kg de glicerina/1.000 kg).
	Mezcla de bacterias homofermentativas y heterofermentativas	Es un acidificante para ensilaje, con cepas de 3 bacterias productoras de ácido láctico. Presentación en sobre de 250 g. Dosis: Maíz y cereales: 150 g/100 l de agua (2 l de solución/ t de ensilado). Alfalfa y pasturas: 250 g/50 l de agua (2 l de solución /t de ensilado).	
	Melaza	Aditivo estimulante de la fermentación, con alto contenido de azúcares, diluir en agua, en cantidad de 30 kg por 200 l de agua para una tonelada de forraje a ensilar.	
Sacado de aire y sellado hermético de la bolsa	Silo pack	Equipo que cuenta con un tornillo sin fin que permite la compactación de la bolsa de ensilaje, su fuente de poder es un motor diésel o de gasolina.	Utilizar dos pisadores manuales.
	Pisador manual	Hecho de forma artesanal, conformado por un disco en hierro y un cabo.	
Almacenaje	Estibas	Hechas en madera o plásticas. Dimensiones: 120 cm x 100 cm x 16 cm.	Utilizar 10 estibas, arrumando 6 hileras de 2 bolsas por cada estiba.

Fuente: Elaboración propia

El proceso de ensilaje en imágenes

- a. **Corte del material:** realizar el corte con cosechadora (figura 12), machete o guadaña a 10 cm del suelo para evitar contaminar el forraje con suelo o cuerpos extraños que puedan causar alteraciones físicas y químicas en la calidad final del ensilaje.



Foto: Yesid Avellancda

Figura 12. Cosecha de la avena con maquinaria.

- b. **Picado del material:** utilizar la picadora anexada a la cosechadora (figura 13) o la picadora de pasto para llevar el material forrajero a un tamaño de picado que oscile entre 2 y 3 cm. En caso de no disponer de esta herramienta, utilizar una guadaña para hacer tres cortes sobre la planta (sobre la planta en pie).



Foto: Yesid Avellancda

Figura 13. Material picado listo para empacar.

- c. **Embolsado:** esta actividad requiere comprimir mecánicamente (figura 14) o manualmente el material. Se debe extraer todo el aire posible, pues de esto depende el éxito de la conservación.



Foto: Yesid Avellaneda

Figura 14. Empaque del material picado usando una silo pack.

- d. **Cierre de las bolsas:** esta actividad es complementaria a la anterior y en lo posible se debe garantizar que el amarre o cerrado de bolsas sea hermético (figura 15).



Foto: Javier Castillo Sierra

Figura 15. Amarre de las bolsas de ensilaje.

- e. **Almacenaje:** el almacenamiento debe hacerse en lugares secos, aireados y preferiblemente sobre estibas (figura 16). Es indispensable proteger el producto de las inclemencias del clima y del ataque de animales que dañen el empaque o consuman su contenido.



Foto: Javier Castillo Sierra

Figura 16. Almacenamiento del ensilaje de avena en estibas.

¿Cómo saber si el ensilaje está listo para consumir?

El cierre hermético de un silo permite conservar la calidad del forraje durante años. Un ensilaje elaborado correctamente se caracteriza por tener buen olor, color y ausencia de hongos o moho (tabla 10).

Tabla 10. Características determinantes de la calidad de un ensilaje

	Buena calidad	Mala calidad
	Químicas	
pH	<4,2	>5,2
Ácido láctico (%MS)	>6,0	<5,2
Ácido acético (%MS)	<2,0	>3,5
Ácido butírico (%MS)	<0,5	>0,8
Nitrógeno amoniacal (%MS)	<1,0	>4,0
	Físicas	
Color	Amarillo verdoso	Negro
Olor	Agradable	Pútrido
Apariencia	Ausencia de hongos	Presencia de hongos
Humedad (%)	68-72	>78 y <60

Fuente: Sánchez & Báez (2002)

¿Cuáles son los principales rubros en la elaboración del ensilaje?

Uno de los aspectos más importantes al momento de utilizar algún tipo de forraje conservado para alimentar a los rumiantes es conocer y determinar el valor o costo de un kilogramo de materia seca del forraje que se ha conservado. Para dicho fin, AGROSAVIA desarrolló un aplicativo de balanceo de raciones llamado DieTro, que cuenta con un módulo de apoyo para calcular los costos de un cultivo forrajero. Entre dichos costos figuran:

- Impuestos sobre la tierra o arriendos.
- Preparación del terreno.
- Siembra.
- Fertilización.
- Prácticas de manejo (control de arvenses, aporque, fertilización, entre otras).
- Riego.
- Cosecha.
- Empaque.

En ejercicios desarrollados por AGROSAVIA usando DieTro en una canasta de costos calculada para ensilaje de avena, se mostró que el mayor peso lo tiene el rubro de arriendo o pago de impuestos, seguido de la siembra y la cosecha, que son actividades que requieren de insumos, mano de obra y alquiler de maquinaria (figura 17).

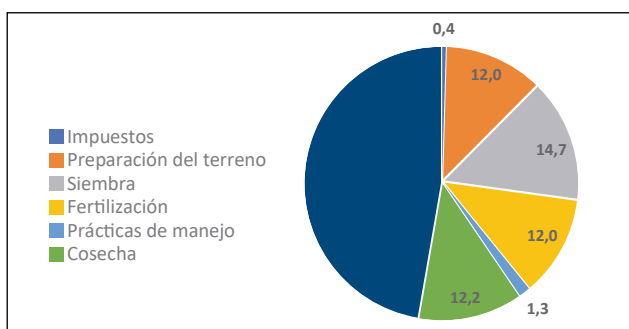


Figura 17. Distribución de costos para el ensilaje de avena (%).

Fuente: DieTro (2020)

¿Cuál es la calidad nutricional de los diferentes ensilajes?

A continuación se presenta la calidad nutricional de algunos tipos de ensilaje que se utilizan en el trópico alto (tabla 11).

Tabla 11. Composición química y nutricional de algunos ensilajes

Especie	Materia seca (MS %)	Proteína cruda (PC %)	Fibra en detergente neutro (FDN %)	Carbohidratos no estructurales (CNE %)	Energía neta de lactancia (Mcal/kg)
Maíz	24,1	8,4	51,5	20,7	1,6
Caña de maíz	17,8	9,0	57,4	13,0	1,2
Caña de azúcar	28,5	5,0	57,5	20,8	1,1
Avena	25,3	9,9	54,7	14,4	1,5
Kikuyo	19,5	10,6	54,9	12,4	1,2
Raigrás híbrido	26,0	10,4	42,1	14,5	1,2

Fuente: Alimento (2020)

¿Qué beneficios trae consigo la alimentación con ensilaje?

En la cuenca del Alto Chicamocha en el municipio de Tibasosa (Boyacá), se evaluó la respuesta productiva de vacas lactantes a las que se les reemplazó forraje de pasto kikuyo por ensilaje de avena altoandina en dos niveles: 35 % y 70 % del consumo diario (Cuesta, 2008). Al suministrar 35 % de ensilaje de avena a los animales, la producción de leche aumentó en un 10 % comparada con los animales alimentados solamente con pastura. Además, la excreción de nitrógeno ureico en la leche (NUL) por animal disminuyó, lo que se asocia al balance adecuado de la dieta y repercute en la disminución del impacto sobre el ambiente. La utilización de ensilaje de avena en la dieta hizo que el área de pastoreo se redujera entre 27 % y 42 %, lo cual permitió mejorar la eficiencia del pastoreo e incrementar la capacidad de carga de la finca. Esto indica que el ensilaje de avena es una opción para alimentar a los animales, pues mantiene o aumenta su productividad (Cuesta, 2008).



Capítulo V

Organice la dieta de sus vacas: haga un balance nutricional y obtenga mejores resultados

Uno de los principales problemas de la ganadería de leche del trópico alto colombiano es el alto costo de producción asociado al componente alimenticio, debido a una baja calidad de las praderas y un alto uso de suplementos comerciales. Estos suplementos son adquiridos para alcanzar el potencial productivo de los animales y para lograr una estabilidad en la producción de leche a través del año. Por esta razón, es clave identificar los requerimientos nutricionales y los aportes de la biomasa base, con el fin de encontrar las mejores opciones de suplementación que potencialicen la productividad y generen mayor rentabilidad para el productor de leche.

¿Cómo afecta a la empresa ganadera el uso excesivo de suplementos?

Muchos productores utilizan una gran cantidad de suplementos porque les dicen lo siguiente: “Sus vacas deberían producir más leche, mire que las pajillas que usa son de toros con alto mérito genético” o

“compre suficiente comida para soportar la producción de leche en épocas críticas”. Sin embargo, hay que recordar que uno de los principales problemas en la producción lechera es el bajo índice de rentabilidad y competitividad, asociado, entre otros factores, a los altos costos de producción. A este respecto, está comprobado que el rubro de la suplementación es crítico por el peso que tiene en la canasta de costos para la producción de un litro de leche y puede definir la sostenibilidad de los sistemas ganaderos (tabla 12).

Tabla 12. Dinámica de la canasta de costos de lechería del trópico alto

Concepto	2002 ¹	2012 ¹	2017 ²	Diferencia (2017-2002)
Mano de obra	25,6 %	26,9 %	18,0 %	-7,6 %
Insumos praderas y suelos	10,5 %	7,4 %	3,0 %	-7,5 %
Alimentación	34,1 %	37,0 %	41,0%	6,9 %
Medicamentos	7,4 %	6,7 %	10,9 %	3,5 %
Otros costos y herramientas	9,4 %	10,4 %	5,0 %	-4,4 %
Otros costos indirectos	13,0 %	11,9 %	22,1 %	9,1 %

Fuente: ¹Federación Colombiana de Ganaderos [Fedegán], Fondo Nacional del Ganado [FNG] & Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA] (2013); ²AC-Lácteos (2017)

¿Qué pasa si un suplemento no se ajusta a los requerimientos de los animales?

AGROSAVIA desarrolló una plataforma digital llamada AlimenTro (<https://alimentro.agrosavia.co>) donde se puede conocer la composición nutricional de los forrajes más utilizados en sistemas de producción animal, por medio de la identificación de los recursos por ubicación geográfica (departamento y municipio), edad de corte o pastoreo y época de recolección. Con esta herramienta es posible saber que en el trópico alto colombiano el contenido de proteína de los pastos es alto (tabla 13) con relación a la composición de forrajes de otras regiones; de hecho, los pastos del trópico alto colombiano en ocasiones superan el requerimiento nutricional de los animales. Ello indica que los suplementos a utilizar deben contener menores cantidades de proteína, nutriente costoso en la formulación. En ese sentido, si se utilizan suplementos con altos niveles de proteína, que no son requeridos, se generan excesos de nitrógeno que deben ser eliminados por el animal.

Tabla 13. Composición química de algunos pastos de trópico alto colombiano

Forraje	Proteína cruda (PC %)	Energía neta de lactancia (ENL Mcal/kg)	Fibra en Deter- gente Neutra (FDN %)	Fibra en Deter- gente Ácida (FDA %)
Kikuyo	14,3-22,4	1,09-1,50	35,3-71,3	20,1-52,9
Raigrás	16,1-25,8	1,24-1,53	27,6-67,6	15,6-46,7
Falsa poa	11,3-19,4	1,06-1,37	42,2-69,0	22,4-41,9
Azul orchoro	11,3-24,6	1,24-1,54	27,6-61,3	17,0-37,2
Trébol rojo	15,6-28,6	1,31-1,56	24,5-59,0	14,4-32,7
Ensilaje de maíz	5,8-10,3	1,26-1,61	38,5-70,6	18,4-42,1
Ensilaje de avena	8,2-12,3	1,19-1,49	43,6-71,6	18,8-40,5

Fuente: AlimenTro (2020)

Si se usan suplementos con especificaciones que los animales no requieren (por ejemplo, alta proteína), puede pasar que:

- Al tener que eliminar el exceso de esa proteína sobrante en forma de urea, el animal debe esforzarse fisiológicamente y gastar energía que debería estar destinada a la producción.
- Se puede afectar negativamente el desempeño reproductivo, lo cual repercute en el impedimento de una preñez efectiva.
- La inversión del ganadero no es rentable, ya que el suplemento no es requerido ni aprovechado por el animal.

Entonces, ¿cuánto suplemento y de qué calidad se debe usar?

Para saber cuánto suplemento se debe proporcionar a las vacas y cuál debería ser su composición química y nutricional, se debe hacer un balance nutricional.

Balance nutricional: es un indicador que relaciona la cantidad de alimento ofrecido a los animales frente a las necesidades nutricionales de mantenimiento y producción de carne o leche.

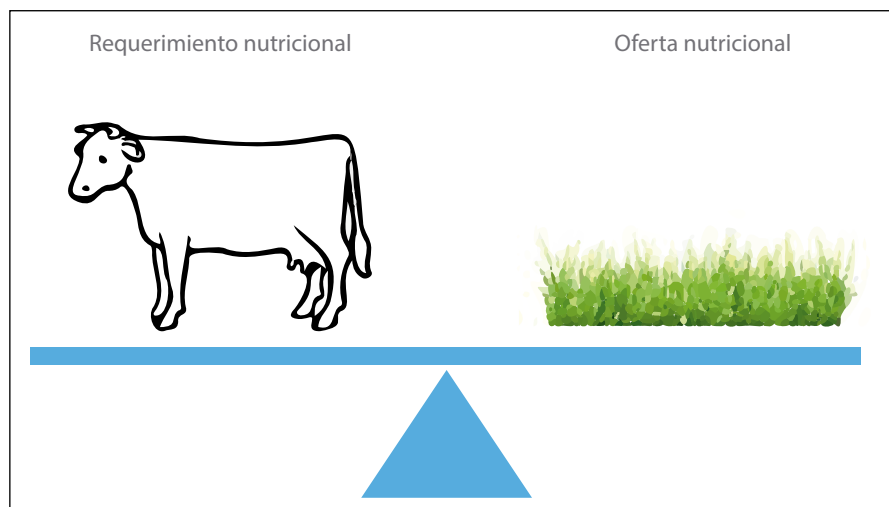


Figura 18. Balance nutricional.

Fuente: Elaboración propia

Un balance nutricional completo y detallado es realizado por un profesional zootecnista, sin embargo, en esta cartilla vamos a mostrar de manera sencilla cómo se podría hacer una aproximación.

Aspectos a tener en cuenta para hacer un buen balance de dieta para una vaca

Se debe contar con la siguiente información:

- a. El consumo de materia seca de las vacas de la finca.
- b. El requerimiento de los principales nutrientes de las vacas.
- c. La materia seca de los recursos alimenticios que se está ofreciendo a las vacas.
- d. La composición química y nutricional de los recursos alimenticios suministrados a las vacas.

¿Cómo saber cuánta materia seca consume una vaca?

De manera práctica, el consumo de materia seca (CMS) se puede estimar como se presenta en la tabla 14.

Tabla 14. Estimación del consumo de materia seca en vacas lactantes

Tipo de animal	Consumo de materia seca (% del peso vivo)	Ejemplo
Vaca en horro (sin producción de leche)	Alrededor de 2 %	Vaca de 500 kg, consumo alrededor de 10 kg de MS
Vaca de baja producción (menos de 6 litros de leche al día)	Alrededor de 2,5 %	Vaca de 500 kg, consumo alrededor de 12,5 kg de MS
Vaca de media producción (cerca de 13 litros de leche al día)	Alrededor de 3,0 %	Vaca de 500 kg, consumo alrededor de 15 kg de MS
Vaca de alta producción (cerca de 20 litros de leche al día)	Alrededor de 3,5 %	Vaca de 500 kg, consumo alrededor de 17,5 kg de MS

Fuente: Elaboración propia con base en National Research Council [NRC] (2001)

Hay que tener en cuenta que el contenido de fibra de los forrajes es el principal factor que afecta su consumo. En suma: si se ofrece un forraje tierno, las vacas pueden consumir más forraje y si se ofrece un forraje maduro, el consumo será menor.

¿Qué componentes de la dieta requiere un animal para vivir y producir?

Los animales requieren proteínas, carbohidratos, ácidos grasos, vitaminas, minerales y agua. Pero se podría hacer un balance mínimo adecuado, si se tiene en cuenta la proteína y la energía obtenida desde los carbohidratos, las grasas y la proteína.

¿Cómo saber cuál es el requerimiento nutricional de las vacas?

De manera práctica, una vaca que se mantiene en zona plana y produce leche con 3,6 % de grasa y 3,0 % de proteína requiere los valores que se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Valores aproximados de requerimiento de energía y proteína en vacas lactantes

Peso de la vaca (kg)	Producción de leche (L/d)	Requerimiento de energía (Mcal de EN _t /d)	Requerimiento aproximado de proteína cruda (g/d)
400	0	7,9	935
400	6	12,2	1.270
400	13	17,3	1.661
400	20	22,4	2.053
500	0	9,4	948
500	6	13,7	1.284

(Continúa)

(Continuación tabla 15)

Peso de la vaca (kg)	Producción de leche (L/d)	Requerimiento de energía (Mcal de EN _t /d)	Requerimiento aproximado de proteína cruda (g/d)
500	13	18,8	1.675
500	20	23,9	2.067
600	0	10,8	960
600	6	15,1	1.296
600	13	20,2	1.688
600	20	25,3	2.080

Fuente: Elaboración propia con base en NRC (2001)

¿Cómo estimar el valor de la materia seca de los forrajes?

El valor de la materia seca del forraje se puede calcular o estimar de las siguientes maneras:

- Enviando una muestra al laboratorio de química analítica de AGROSAVIA.
- Usando un horno microondas en la finca.
- Estimando un valor aproximado, teniendo en cuenta lo siguiente:
 - Un forraje maduro tiene más MS que un forraje tierno.
 - Un forraje en época de sequía tiene más MS que en época de lluvias.
 - Un forraje tiene más MS alrededor del mediodía o en la tarde, comparado con la mañana.
- Usando los valores de materia seca de referencia y ajustándolos, si es el caso, a los criterios antes mencionados:
 - Kikuyo: 14 %-21 %
 - Raigrás: 12,5 %-18,4 %
 - Falsa poa: 15,3 %-23,5 %
 - Azul orchoro: 13,6 %-19,6 %
 - Trébol: 14,2 %-21,5 %
 - Forraje fresco de avena: 16,5 %-22,5 %
 - Forraje fresco de maíz con mazorca: 19,3 %-28,2 %

Estimación de la composición química y nutricional de las materias primas

Como se comentó previamente, la plataforma digital AlimenTro contiene la composición de materias primas y otros tipos de recursos forrajeros colombianos. En la

tabla 16 se presenta la información de algunos de los más utilizados en sistemas de alimentación bovina de vacas lactantes.

Tabla 16. Composición química y nutricional de materias primas y subproductos utilizados en alimentación de vacas lactantes en el trópico alto colombiano (en base seca)

Recurso	MS	PC	FDN	FDA	CNE	Ca	P	EN _L
	(%)							(Mcal/kg)
	Granos de cereales y leguminosas							
Grano de maíz	87,3	7,2	13,9	6,3	65,4	0,35	0,24	2,02
Grano de cebada	92,5	10,4	29,4	10,8	44,9	0,07	0,42	1,90
Harina de trigo	86,9	13,9	35,1	14,9	46,0	0,13	1,12	1,79
	Raíces y tubérculos							
Papa	20,5	9,0	10,9	6,8	62,2	0,05	0,14	1,71
Remolacha forrajera	29,9	6,3	16,6	7,9	42,4	0,12	0,14	1,75
Zanahoria	11,3	8,1	30,6	15,2	47,5	0,23	0,16	1,69
	Subproductos							
Afrecho de cervecería	26,7	24,3	49,0	27,1	15,4	0,09	0,22	1,49
Granos de destilería	87,1	29,5	37,7	12,4	12,8	0,03	0,66	1,95
Harina de arroz	89,7	15,8	33,3	17,7	25,9	0,11	1,50	1,73
Salvado de trigo	84,1	16,7	50,1	34,8	22,6	0,13	0,89	1,79
Torta de palmiste	88,1	12,9	69,8	23,7	9,3	0,25	0,59	1,44
	Otros							
Glicerina cruda	86,5	ND	ND	ND	77,6	0,08	0,04	2,01
Semilla de algodón	89,4	19,7	53,4	28,0	5,3	0,13	0,60	1,93

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra en detergente neutro; FDA: fibra en detergente ácido; CNE: carbohidratos no estructurales; Ca: calcio; P: fósforo; EN L: energía neta de lactancia.
Fuente: AlimenTro (2020)

Y con toda esa información, ¿cómo hacer el balance?

Como complemento a la plataforma AlimenTro, AGROSAVIA desarrolló un *software* para el balanceo de raciones llamado DieTro, con el que se puede formular una dieta para un bovino al menor costo. Sin embargo, a continuación se presenta de manera general un ejemplo que describe una sencilla metodología para hacer un balance.

Por ejemplo, unas vacas que en promedio pesan 500 kg producen 13 litros de leche al día y consumen 69 kg de forraje fresco de kikuyo (de 49 días de rebrote) al día. De acuerdo con esa información y según los datos de la tabla 16, las vacas requieren 1.675 g/día de pc y 18,8 Mcal/día de energía neta de lactancia. Además, el pasto kikuyo fue enviado al laboratorio y tiene una materia seca de 17,4 % (o sea que cada vaca consume 12 kg de ms/día, 69 kg de forraje verde 17,4/100) y una proteína cruda

de 16 %. Además, en el reporte de AlimenTro se presenta un contenido de energía neta de lactancia de 1,32 Mcal/kg. Los cálculos del aporte del pasto kikuyo y el requerimiento nutricional se presentan en la tabla 17.

Tabla 17. Paso 1. Calcular el aporte inicial de nutrientes

Ítem	Requiere	Kikuyo	Balance
Consumo ms (kg/d)	15	12	-3
PC (g/d)	1.675	1.920 (121,60)	+245
EN _L (Mcal/d)	18,8	15,8 (121,32)	-2,96

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 17, el pasto kikuyo aporta la proteína requerida e incluso se excede en 245 g; sin embargo, se requieren 2,96 Mcal/d adicionales a la energía aportada por el pasto. En este ejemplo, para solucionar el faltante de energía, el productor puede conseguir glicerina cruda o papa. Tomando de la plataforma AlimenTro los valores de energía, se obtiene la cantidad de ms que podrían consumir las vacas de cada recurso (tabla 18).

Tabla 18. Paso 2. Incluir una materia prima que solucione los desbalances

Ítem	Glicerina	Papa
EN _L (Mcal/kg)	2,1	1,71
EN _L faltante	2,96	2,96
Cantidad a consumir (kg/d)	1,40 (2,96/2,1)	1,73 (2,96/1,71)

Fuente: Elaboración propia

Para lograr un balance, el productor podría suministrar a cada vaca 1,40 kg de glicerina (1,62 kg en fresco) o 1,73 kg de papa (8,44 kg en fresco). Hay que tener en cuenta que para cada recurso existe un límite máximo de consumo por parte de un bovino, que para los dos casos anteriores estaría en un 12 % del consumo de materia seca total. Si el productor se decide por usar glicerina, las vacas consumirían 1,40 kg de este recurso, lo cual representa el 10,4 % del consumo total de materia seca (1,40/[12+1,40]). Si se adquiere papa, esta representaría el 12,6 % (1,73/[12+1,73]), lo cual indica que se debe restringir el consumo de este recurso y podría limitarse su utilización.

En este ejemplo balanceamos la energía y la proteína, pero no tuvimos en cuenta el costo de la ración ni la necesidad de incluir otros nutrientes. Para llevar a cabo un ejercicio más detallado, se debe acudir a la asesoría de un profesional zootecnista que conozca del tema y tenga la posibilidad de utilizar DieTro asociado a la base de recursos alimenticios AlimenTro para obtener balances nutricionales con mayor detalle.

Consideraciones generales

El trópico alto colombiano reúne las mejores características para producir leche de calidad en sistemas de producción con ganado especializado, con base en un buen manejo del suelo y del recurso forrajero. Dichos modelos de producción son sistemas complejos que requieren de los ganaderos conocimientos suficientes para tomar las mejores decisiones e implementar prácticas ganaderas que les permitan evaluar los resultados en relación con los objetivos programados.

El presupuesto de alimentación es una herramienta que les permite a los productores realizar una planeación del sistema de alimentación de la finca, teniendo en cuenta las demandas y ofertas de materia seca, con el objetivo de reconocer los momentos de déficit de alimento para organizar su aprovisionamiento con antelación. Asimismo, el forraje es el recurso alimenticio más económico en los sistemas de alimentación bovina y su productividad depende, en gran medida, de la fertilidad del suelo. Por ello, es vital hacer un análisis de suelos de la finca para tomar decisiones que permitan mejorar la productividad forrajera.

Si a pesar de realizar una adecuada fertilización y manejo de las praderas se identifican momentos de déficit de forraje en el presupuesto de alimentación, se debe considerar el establecimiento de cultivos forrajeros, entre los que sobresale la avena, para el trópico alto, por su ciclo corto y alta productividad. Es por esto que AGROSAVIA desarrolló la avena altoandina, material con grandes atributos para los sistemas de producción animal.

Ahora bien, cuando se decide establecer cultivos forrajeros, es clave planificar y ejecutar adecuadamente la conservación del material vegetal para asegurar la calidad del producto final. En ese sentido, es importante conocer todas las alternativas disponibles para seleccionar la que más se ajuste a las condiciones de la finca.

Con el forraje de las praderas, el cultivo forrajero adecuadamente conservado y otras opciones de recursos alimenticios disponibles en la región, se debe hacer un balance nutricional. Para esto se puede recurrir, en primero lugar, al *software* AlimenTro, que les permite a los productores conocer la calidad nutricional de los forrajes y, en segundo lugar, al *software* DieTro que les ayuda a los productores a realizar un adecuado balance de la ración. Ahora, no se puede olvidar la importancia de consultar a un asistente técnico o agente extensionista para facilitar la interpretación de los resultados.

Las recomendaciones tecnológicas presentadas en este manual promueven el aprovechamiento eficiente del recurso forrajero como estrategia básica de alimentación para maximizar la productividad bovina de los sistemas de producción de leche del trópico alto. De acuerdo con lo anterior, AGROSAVIA estará en condición de dar respuesta a las inquietudes de los ganaderos y extensionistas a través de todos sus canales de comunicación.

Referencias

- AC-Lácteos. (2017). *Informe técnico Misión 1.2. Actualización de la canasta de insumos ganaderos para producción de leche en Colombia* [Informe técnico]. Propaís.
- AlimenTro. (2020). Base de recursos forrajeros. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Consultado septiembre 2020, en <http://alimentro.agrosavia.co/Home/Index?ReturnUrl=%2f>
- Arreaza, T., Amado G., Londoño C., Ballesteros, D., & Herrera, J. (2012). *Recomendaciones para fabricación de ensilajes con cereales en climas fríos* [Manual de asistencia técnica]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1264>
- Arreaza, L. C., Franco, A., Mateus, H., Barros, J., Sánchez, L., Pérez, O., & Pardo, O. (2005). MEP-2. Versión 2.0.77. *Manejo experto de praderas. Sistema de ayuda para la administración de praderas con animales* [Manual de asistencia técnica]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12925>
- Benavides, J. C., Avellaneda, Y., Buitrago, C., Castro, E., Castillo, J., Rendon, C., Romero, J. F., Torres, D. R., Vargas, J., Zúñiga, A., Benavides, G., Carrillo, S., Díaz, J., Gómez, C., Hernández, D., Porras, A., & Vela, J. F. (2019). *Colección guías de mejores prácticas en sistemas de producción de leche basados en pasturas* [Manual de asistencia técnica]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA); The Agribussines Group.
- Caicedo C. (2008). *Henolaje de cebada y avena* [Plegable]. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
- Campuzano, L. F., Castro, E., Castillo, J., Torres, D., Nieto, D., & Portillo, P. (2020). Altoandina: nueva variedad de avena forrajera para la zona Andina en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 581-595. <https://doi.org/10.15515/am.v3li3.38999>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2017). *¡Antes de sembrar, el suelo debe analizar!: procedimiento para la toma de*

- muestras y análisis de suelos* [Plegable]. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11556>
- Cuesta, P. (2008). *Informe técnico. Subproyecto 1: Evaluación y selección de nuevas especies forrajeras para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano* [Informe técnico]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- DieTro. (2020). *Software de balanceo de raciones para bovinos de leche*. Coporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Consultado septiembre 2020, en <https://dietro.agrosavia.co/>
- Federación Colombiana de Ganaderos [Fedegán], Fondo Nacional del Ganado [FNG] & Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA]. (2013). *Costos modales en ganadería de leche – trópico alto de Colombia: Ventana a la competitividad ganadera*. Fedegán.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. *Uso del ensilaje en el Trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. FAO.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (1992). *Fertilización en diversos cultivos; quinta aproximación*. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Melgar, R. (2006). *Argentina Fertilizantes Comerciales*. Consultado septiembre 2021, en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/argentina-fertilizantes-comerciales-t26698.htm>.
- Microfertiza, S. A. (2012). *Manual técnico de fertilización de cultivos*. Digiprint Editores UE.
- MinerHuila. (2017). *Cal Dolomita* [Ficha técnica]. Consulta noviembre 27 de 2017, en: <http://www.minerhuila.com/Minerhuila%20Dolomita%20-%20Ficha%20Tecnica.pdf>
- National Research Council [NRC]. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- Osorno, H. (2012). *Mitos y realidades de la cal y enmiendas en Colombia* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín]. <https://repository.unal.edu.co/handle/unal/9810>
- Sánchez, L. (2005). Estrategias modernas para la conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical. *Revista CORPOICA* 6(2), 69-80. https://doi.org/10.21930/rcta.vol6_num2_art:51
- Sánchez, L., & Báez, F. (2002). *Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico de altura*. En: *Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne en el trópico bajo. Plan de Modernización de la Ganadería Bovina Colombiana* [Informe técnico]. 2002. Corpoica, MADR, Fedegán, Fondo Nacional del Ganado.

Anexos

Anexo 1. Formato de dinámica poblacional y requerimientos de ms para determinar el consumo de ms por mes

Grupos	Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Dinámica poblacional	Vacas en producción												
	Vacas secas												
	Novillas preñadas												
	Terneras de levante												
	Terneras lactantes												
	Total												
Requerimiento de materia seca (ms) (kg/mes)	Vacas en producción												
	Vacas secas												
	Novillas preñadas												
	Terneras de levante												
	Terneras lactantes												
	Total												

Fuente: Elaboración propia

Reconocimientos de arbitraje 2021

AGROSAVIA expresa el mayor reconocimiento y agradecimiento a los pares evaluadores de los libros publicados en la Colección Transformación del Agro, cuyas observaciones, sugerencias y comentarios contribuyeron a incrementar ostensiblemente su calidad científica y editorial.

Carmen Rosa Bonilla Correa, MSc

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias Agrarias, Colombia

Breno Augusto Sosa Rodrigues, PhD

Universidad Nacional Autónoma de Honduras
(Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico), Honduras

Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno, PhD

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Colombia

Johana Carolina Soto Sedano, PhD

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Colombia

Marlon Javier Méndez Sastoque

Universidad de Caldas, Colombia

Leneidy Pérez Pelea, PhD

Universidad de La Habana, Cuba

Hans Thielin Castro Salazar, PhD

Corporación Universitaria del Huila

Rómulo Bañuelos-Valenzuela, PhD

Universidad de Colima, México

José Andrés Nasca, Dr.

Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Argentina

Julia Sánchez Gómez, PhD

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco (Ciatej), México

Carlos Alberto Hernández Medina, MSc

Centro Universitario Municipal Camajuaní
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

Andrés Álvarez Soto, MSc

Universidad de Córdoba, Colombia

Hernando Rivera Jiménez, PhD

Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, Brasil

Edith González Salazar, MSc

Universidad del Tolima, Colombia

José Antonio Yam Tzec, PhD

Universidad del Papaloapan, México

Mildrey Soca Pérez, PhD

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba

Maribel Ramírez Villalobos, PhD

Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela

J. Reyes Altamirano Cárdenas, PhD

Ciestaam/Universidad Autónoma Chapingo, México

Alejandro F. Barrientos Priego, PhD

Universidad Autónoma Chapingo, México

Laura Patricia Gutiérrez Padierna, MSc

Corporación Universitaria Remington, Colombia

Raúl Alberto Cuervo Mulet, PhD

Universidad San Buenaventura, Colombia

Erenio González Suárez, Dr. Cs

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

Yerenis Torres Cala, MSc

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

Juan Mattera, PhD

Universidad de Buenos Aires, Argentina

El principal objetivo de esta cartilla es promover sistemas sostenibles de producción bovina y mejorar las condiciones del sector rural del trópico alto colombiano, ya que esta zona, además de generar un gran volumen de la leche consumida en todo el país, tiene un importante valor ecológico por sus ecosistemas de zonas planas y de ladera.

Para la optimización del sistema de alimentación de los bovinos, esta publicación presenta conceptos clave para los productores, como son: planeación del recurso forrajero en función de los requerimientos de los animales y la oferta de biomasa de la finca, reconocimiento de las características químicas de los suelos para aprovechar al máximo la relación suelo-planta-animal, identificación de los materiales forrajeros promisorios y uso de los recursos alimenticios de manera estratégica para lograr maximizar el potencial productivo de los animales.

¡Recuerde que de la eficiencia productiva de su sistema depende su competitividad y sostenibilidad!



BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: **bac@corpoica.org.co**

TELÉFONO: **(57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274**

SKYPE: **[biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/name/identifiers/alias/biblioteca.agropecuaria)**

www.agrosavia.co

**Distribución gratuita
Prohibida su venta**



**El campo
es de todos**

Minagricultura