



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Ganadería Bovina de Doble Propósito

**Municipio de Tibasosa
Departamento de Boyacá**



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Agosto de 2016

Este documento presenta información obtenida durante el desarrollo del proyecto MAPA. Se exponen resultados correspondientes al componente 1, “Reducción de la vulnerabilidad de los sistemas de producción agropecuarios a los eventos climáticos extremos, mediante herramientas que permitan tomar decisiones adecuadas para el manejo del riesgo agroclimático”, y al componente 2, “Desarrollo de sistemas de producción resilientes a los impactos de eventos climáticos extremos (inundaciones, sequías y heladas)”.

Los contenidos del texto se distribuyen mediante los términos de la licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Sin Derivar



La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria no se hace responsable de la interpretación y uso de estos resultados.



Equipo de trabajo	Función en el proyecto
Michael López Cepeda	Profesional de apoyo a la investigación
Yefer Silvestre Malagón López	Profesional de apoyo a la investigación
Gustavo Octavio García Gómez	Investigador PhD, facilitador regional
Martha Marina Bolaños Benavidez	Investigador Ph.D, líder del producto 6



Agradecimientos

Agradecemos al Fondo Adaptación por contribuir a la financiación del proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático - MAPA.

Al productor, no solo por haber dispuesto su predio para la validación de las opciones tecnológicas presentadas, sino también por su disposición, compromiso y dedicación en pro del desarrollo de la parcela de integración. Sus aportes contribuyeron a obtener los resultados que se ven plasmados en este documento.

A los asistentes técnicos, que aportaron al proyecto a partir de sus conocimientos locales.

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Tibaitatá que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

A los integrantes de los distintos productos del proyecto MAPA, quienes realizaron aportes conceptuales para la construcción del Plan de Manejo Agroclimático Integrado.

Finalmente, a todas aquellas personas que participaron en las diferentes actividades del proyecto MAPA.



Tabla de contenido

Introducción	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Sección 1. Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Tibasosa	4
Exposición del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Tibasosa	9
Zonas de Tibasosa en las cuáles el sistema de ganadería bovina doble propósito tendría un mayor o un menor riesgo de pérdida productiva.....	16
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	18
Sección 2. Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito en condiciones de déficit hídrico del suelo en Tibasosa.....	19
1. Suplementación estratégica energético proteica.....	21
2. Producción y evaluación de la suplementación de ensilaje de avena (<i>Avena sativa</i>) en vacas lactantes	24
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas.....	28
Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema de ganadería bovina de doble propósito a condiciones restrictivas de humedad en el suelo	30



Sección 3. Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de la ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa	41
Dominio de recomendación	41
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos.....	42
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa.....	43
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio	44
Referencias	51



Índice de figuras

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa (Boyacá), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.....	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Tibasosa (Boyacá). a. Subzona hidrográfica. b. Altitud. c. Paisaje.	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el municipio de Tibasosa (período 1980-2011).....	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), raigrás (<i>Lolium perenne</i>) y falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>), en Tibasosa.	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para los pastos dentro del sistema de ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en las ventanas de análisis diciembre-marzo y marzo-junio.	15
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática de Tibasosa para pastos kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), raigrás (<i>Lolium perenne</i>) y falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>) en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico.....	16
Figura 7. Balance hídrico atmosférico desde diciembre del 2014 hasta octubre del 2015. Parcela de integración sistema productivo de la ganadería bovina doble propósito, en Tibasosa.	20
Figura 8. Balance hídrico agrícola desde diciembre del 2014 hasta octubre del 2015. Parcela de integración del sistema productivo bovino de ganadería de doble propósito, en Tibasosa.	21
Figura 9. Elaboración del suplemento energético-proteico en la parcela de integración de Tibasosa.	24

Figura 10. Preparación de suelo para siembra de avena forrajera (<i>Avena sativa</i>) asociada con vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito, en Tibasosa.	25
Figura 11. Siembra de la asociación entre avena forrajera (<i>Avena sativa</i>) y vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>). Parcela de integración sistema productivo ganadería de doble propósito.	26
Figura 12. Actividades realizadas de corte, picado, empacado y almacenamiento de bolsas de ensilaje de avena (<i>Avena sativa</i>) con vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>). Parcela de integración sistema productivo ganadería de doble propósito, en Tibasosa.	27
Figura 13. Bloque multinutricional utilizado en la parcela de integración de Tibasosa.	31
Figura 14. Elaboración de BMN en la parcela de integración de Tibasosa (Boyacá).	33
Figura 15. Proceso de moldeo mediante una Cimva RAM.	33
Figura 16. Efecto del implemento renovador de praderas sobre el suelo.	36
Figura 17. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio uno.	45
Figura 18. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio dos.	46
Figura 19. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio tres.	48
Figura 20. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio cuatro.	49



Índice de tablas

Tabla 1. Duración, valor ONI y anomalías de precipitación en Tibasosa durante los eventos de El Niño en el período 1980-2011.....	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Tibasosa durante los eventos de La Niña en el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 3. Formulación de suplemento (energético-proteico) por programación lineal a mínimo costo (PLMC). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito. Tibasosa (Boyacá).	23
Tabla 4. Relación de aspectos productivos entre esquemas de manejo para ganadería bovina de doble propósito. Parcela de integración de Tibasosa.	30
Tabla 5. Fórmula para la elaboración de un BMN de 5 kg. Parcela de integración sistema productivo ganadería doble propósito, Tibasosa (Boyacá).....	32
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito de Tibasosa.....	43



Índice de anexos

Anexo 1. Balanceo de nutrientes según las tablas de requerimientos para vacas Holstein en producción de las fórmulas de la National Research Council (NRC, 2001). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito. Tibasosa (Boyacá).55



Introducción

El Plan de Manejo Agroclimático, construido como concepto novedoso, en el área agropecuaria, por el proyecto *Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático— Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA)*, contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes de los sistemas productivos y contribuir a la reducción de su vulnerabilidad en el mediano y el largo plazos. Esto constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnologías a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que producen las condiciones restrictivas de humedad del suelo sobre los sistemas productivos.

Con este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 69 municipios, de 18 departamentos del país. Para ello se desarrollaron parcelas de integración en 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas seleccionadas participativamente con ganaderos, e integrar experiencias y conocimientos sobre estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de la humedad en el suelo, a escala local. El Fondo Adaptación priorizó, en el departamento de Boyacá, el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en el municipio de Tibasosa.

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de Tibasosa (departamento de Boyacá).



Objetivos

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de ganadería bovina doble propósito frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo en el municipio de Tibasosa (departamento de Boyacá), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática de Tibasosa para orientar la toma de decisiones en el sistema productivo bovino de doble propósito en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema productivo bovino de doble propósito a condiciones restrictivas de humedad en el suelo en Tibasosa.
- Brindar criterios de decisión para implementar opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito, en Tibasosa.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) se expresa en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) y de la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por su exposición, por la sensibilidad de la especie al estrés hídrico y por la capacidad adaptativa del sistema frente al riesgo agroclimático. En la Figura 1 se exponen los elementos estructurales que determinan el riesgo agroclimático: la amenaza climática y la vulnerabilidad del sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas integradas para la prevención y adaptación, que ingresan a un proceso de implementación en este tipo de explotaciones ganaderas, de acuerdo con las características socioeconómicas de los productores locales.

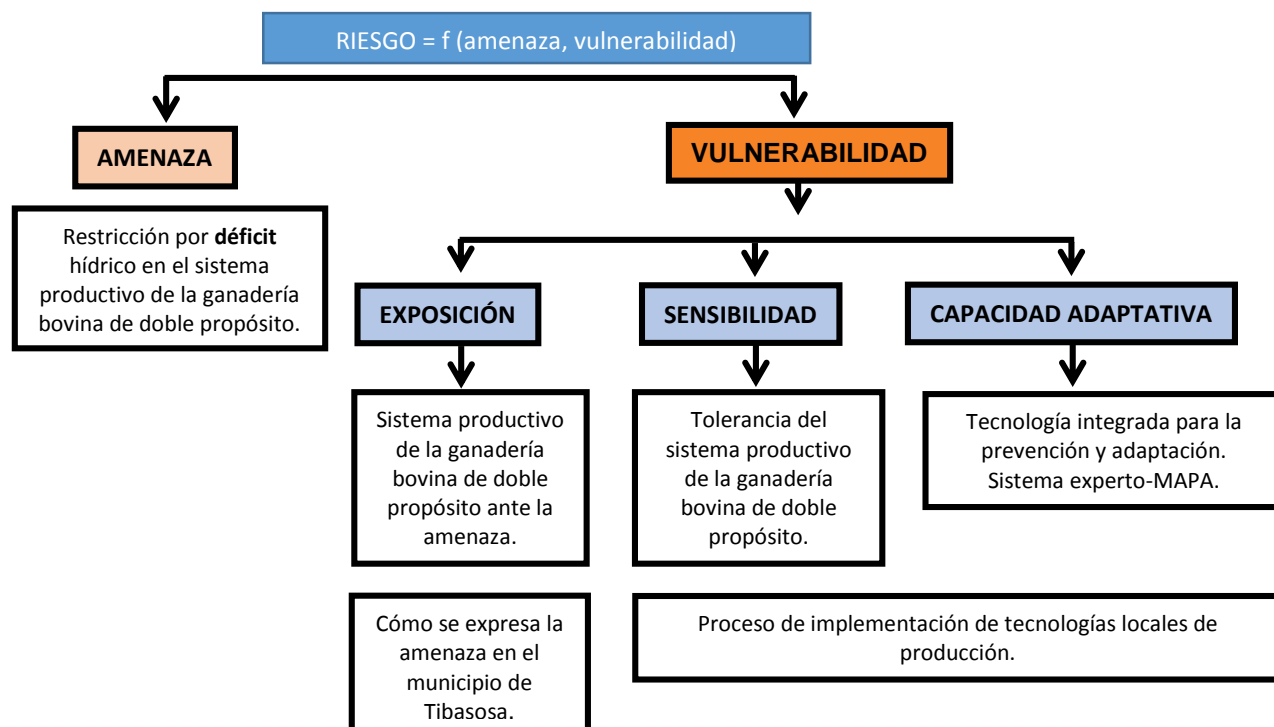


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa (Boyacá), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.

Sección 1. Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio

A escala departamental, es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por su ubicación geográfica, y por variables biofísicas (subzonas hidrográficas) y climáticas (distribución de la precipitación, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa y distribución de la evapotranspiración [ET_0]).

A escala municipal: El riesgo se puede analizar mediante información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas, paisaje y altitud) y climáticas (distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración [ET_0], distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperaturas, susceptibilidad a excesos y a déficit hídrico e inundación). Con esta información, se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

Para mayor información sobre el riesgo agroclimático a escala departamental y municipal, consulte el sistema experto (SE)-MAPA.

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Tibasosa

Para analizar las amenazas derivadas de la variabilidad climática, lo primero que se debe hacer es identificar aquellos aspectos biofísicos que hacen que algunas zonas o sectores del municipio sean más susceptibles a amenazas climáticas. La altitud y el paisaje, entre otras variables, determinan la susceptibilidad del territorio a eventos de inundación, sequía extrema y temperaturas altas y bajas, que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

En la Figura 2 se presentan los mapas de zonificación según las características biofísicas para el municipio de Tibasosa, el cual se encuentra en la subzona hidrográfica del río Chicamocha, que se extiende en la rivera con altitudes de 2000-3000 metros sobre el nivel

del mar, msnm (96 % del área total); el 4 % restante son áreas de altitudes de 3000-3500 msnm. En Tibasosa predomina el paisaje de montaña en un 67,9%, mientras que el paisaje de valle abarca el 31% del área total del municipio. Los predios presentan pendientes planas; drenajes variados, que van desde muy pobres, hasta terrenos bien drenados. Las texturas varían entre finas y orgánicas, y pH de ligeramente alcalino a fuertemente ácido. Algunos predios presentan contenidos muy altos de aluminio (Corpoica, 2015a).

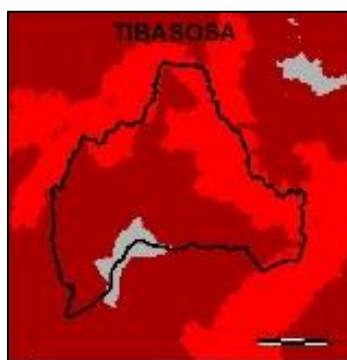
a. Subzona hidrográfica

2403 Río Chicamocha



b. Altitud

2000-2500
2500-3000
3000-3500



c. Paisaje

Montaña
Valle
Urbano



Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Tibasosa (Boyacá). a. Subzona hidrográfica. b. Altitud. c. Paisaje.

Fuente: Corpoica (2015a).

Además de los aspectos biofísicos, también es necesario revisar los análisis disponibles de las series climáticas, que para este estudio se manejó entre los años 1980 y 2011, con lo cual es posible evaluar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados, y así conocer los rangos en los cuales pueden cambiar las variables climáticas cuando se presenten nuevamente estos fenómenos. Por ejemplo, esto permitiría reconocer la intensidad y la frecuencia de eventos asociados a *El Niño* - Southern Oscillation (ENSO) y ubicar áreas con mayor o menor fluctuación de variables meteorológicas. De la información empleada para el análisis climático de Tibasosa se destaca:

Precipitación

En la Figura 3, se muestra la dinámica de precipitación en Tibasosa; la línea verde punteada representa la precipitación promedio, y las barras rojas y azules, los eventos de variabilidad *El Niño* (1997) y *La Niña* (2011). Anualmente en el municipio se registran en promedio 813 mm de precipitación (Corpoica, 2015a).

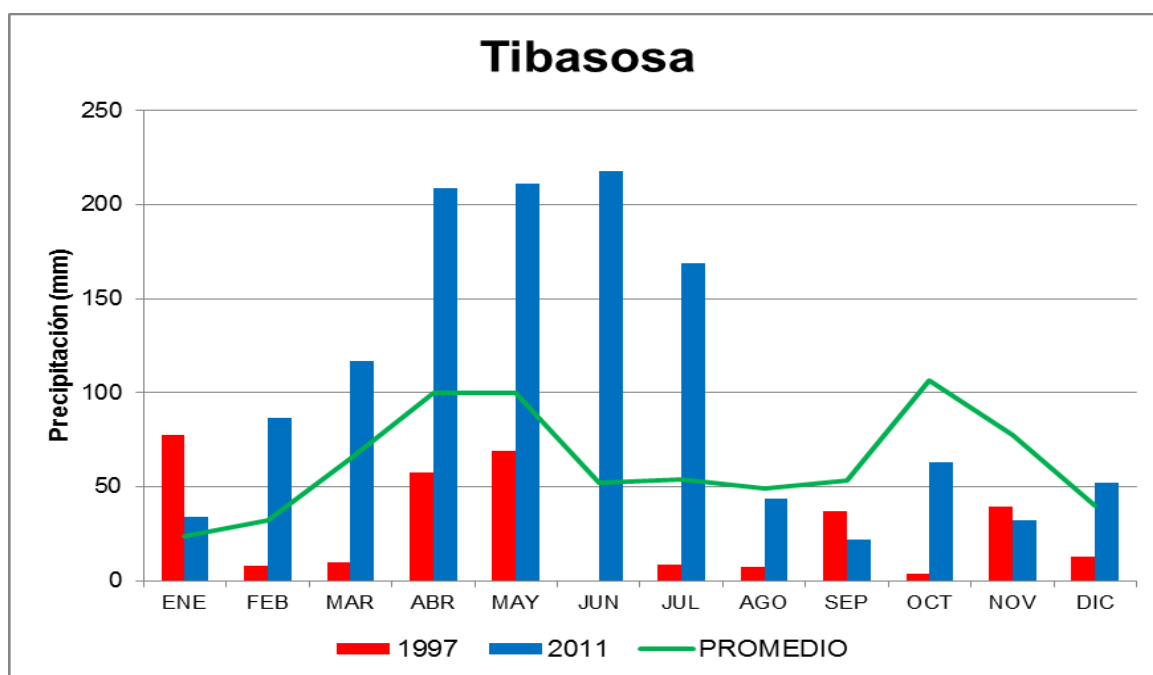


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el municipio de Tibasosa (período 1980-2011).

Fuente: Corpoica (2015a).

Desde mayo de 1997 hasta abril de 1998, se presentó un evento *El Niño* que ocasionó una disminución cercana al 56 % de las lluvias (329 mm) con respecto al promedio multianual, siendo más críticos los meses de junio y octubre, con reducciones cercanas al 100 %. Por otro lado, en el año 2011 se presentó un evento *La Niña*, excepto en el período mayo-agosto, que ocasionó un aumento del volumen de lluvias en un 67 % (1256 mm) por encima del promedio multianual; el período que presentó mayor sensibilidad fue entre abril y julio, con incrementos por encima del 100 % (Figura 3).

Los valores del Índice Oceánico El Niño (ONI) y de anomalías climáticas en eventos de *El Niño* o de *La Niña* permite determinar qué tan fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como *El Niño* o *La Niña*. Para conocer dichos cambios se debe revisar:

- El valor de la anomalía de las lluvias, el cual indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.
- El valor del ONI, el cual indica qué tan fuerte fue *El Niño* (valores mayores a 0,5) o *La Niña* (valores menores a -0,5). Para el ONI se debe considerar que cuando la variación supera los valores de 0,5, durante por lo menos cinco meses consecutivos, se habla de un evento de *El Niño*, y cuando los valores son menores a -0,5, también de forma consecutiva en cinco meses, se trata de un evento de *La Niña*¹.

Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Son calculados con base en un promedio trimestral móvil de la variación de la temperatura, en °C, del océano Pacífico (5° N-5 °S, 120-170 °O).

Las Tablas 1 y 2 muestran cómo se han comportado los fenómenos ENSO en los últimos 32 años (1980-2011); información útil, que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio.

En Tibasosa se destacan los eventos de *El Niño* de 1991-1992, 1997-1998 y 2002-2003, con disminuciones de más del 20 % (Tabla 1).

¹ Este índice, que permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona, puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos. Consúltelo en:
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.shm.

Tabla 1. Duración, valor ONI y anomalías de precipitación en Tibasosa durante los eventos de El Niño en el período 1980-2011.

Período	Inicio	May. 1982	Ago. 1986	May. 1991	May. 1994	May. 1997	May. 2002	Jun. 2004	Ago. 2006	Jul. 2009
	Fin	Jun. 1983	Feb. 1988	Jun. 1992	Mar. 1993	May. 1998	Mar. 2003	Feb. 2005	Ene. 2007	Abr. 2010
Duración (meses)		14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI		2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía		2 %	2 %	-28 %	-20 %	-36 %	-36 %	13 %	-10 %	-27 %

Fuente: Corpoica (2015a).

De la misma forma, durante cinco de los siete eventos de *La Niña*, las precipitaciones presentaron incrementos con respecto a los valores promedio; destacándose el periodo 2010-2011, en el que estos incrementos en la precipitación estuvieron por encima del 46%. En los eventos de *La Niña* de 1984-1985 y 2000-2001 las lluvias disminuyeron; en especial, en éste último, cuando se presentaron anomalías negativas superiores al 30 % (Tabla 2). Se resalta que la intensidad del evento fue débil, y posiblemente otras condicionantes océano-atmosféricas desencadenaron las disminuciones de las lluvias.

Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Tibasosa durante los eventos de La Niña en el periodo 1980-2011.

Período	Inicio	Oct. 1984	May. 1988	Sep. 1995	Jul. 1998	Oct. 2000	Sep. 2007	Jul. 2010
	Fin	Sep. 1985	May. 1989	Mar. 1996	Jun. 2000	Feb. 2001	May. 2008	Abr. 2011
Duración		12	13	7	24	5	9	10
Mínimo Valor ONI		-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía		-34 %	7 %	34 %	17 %	-43 %	9 %	55 %

Fuente: Corpoica (2015a).

La duración y la intensidad de El Niño y La Niña cambian para cada evento, así como las alteraciones climáticas asociadas con éstos en cada región (CPC NCEP, 2014). En general, en el municipio de Tibasosa se presentaron anomalías negativas (disminución de lluvias) bajo el evento El Niño y anomalías positivas (aumento de lluvias) bajo el evento La Niña, con ciertas particularidades presentes en la magnitud de dichas anomalías.

La temperatura de la superficie del océano Pacífico no es el único factor que modula el clima, por lo cual es importante tener en cuenta otros factores como la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y las distintas corrientes oceánicas.

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas

Con la cartografía temática del proyecto MAPA, es posible identificar las áreas del municipio más susceptibles a exceso hídrico durante eventos *La Niña* y las más susceptibles a déficit hídrico durante eventos *El Niño*; la susceptibilidad a inundación, durante el período 2010-2011; la susceptibilidad biofísica a inundación; la afectación de la capacidad fotosintética de cubiertas vegetales, analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, por sus iniciales en inglés); las áreas afectadas regularmente, cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua); y las áreas susceptibles a afectaciones por sequía (contracción de cuerpos de agua).

Para mayor información sobre la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consulte el SE-MAPA.

Exposición del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Tibasosa

El sistema de ganadería bovina de doble propósito se basa en sistemas pastoriles (praderas); se encuentra expuesto a limitantes por las características del suelo (físicas y químicas) y por las condiciones climáticas y su variabilidad. Esta exposición de las praderas en el sistema varía en el tiempo y de acuerdo con su ubicación en el municipio.

El presente análisis de aptitud de suelos, ventanas de análisis y zonificación de aptitud agroclimática se realizó sobre las características de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raigrás (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*), que son pasturas base del sistema de ganadería doble propósito en Tibasosa.









Símbolo	Aptitud	Área (ha)
 A1(60K;30PR)A2f(30PR)-N	Óptima para kikuyo en 60 % de los suelos y en 30 % para raigrás y falsa poa; 30 % moderada para falsa poa y raigrás por acidez.	757
 A2f-re	Moderada para todo, parcialmente por fertilidad (acidez) y parcialmente por riesgo a erosión.	429
 A2re(40),A3f(30)-N	Moderada en 40 % de los suelos, por riesgo a erosión y marginal en 30% por acidez.	1106
 A2f(40PR)-N	Moderada para falsa poa y raigrás por acidez en 40 % de los suelos, 70 % marginal para kikuyo.	164
 A2f(30)-N	Moderada por fertilidad para todos los pastos en 30 % de los suelos.	4340
 A3df (50 %)	Marginal por drenaje, de los cuales un 50 % presentan alto contenido de aluminio.	2165
 N	No apto por suelos muy superficiales	363
 Urbano		91
Total general		9415

Figura 4. Aptitud de uso de suelos para pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raigrás (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*), en Tibasosa.
Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta. En Tibasosa, los suelos con condiciones óptimas alcanzan un 4,8 % del área del municipio para kikuyo (454 ha) y 2,4 % para raigrás y falsa poa (227 ha). Para los tres pastos, cerca de un 24 % (2240 ha aproximadamente) presentan aptitud moderada, condicionada principalmente por alta acidez y aluminio intercambiable y algunos por susceptibilidad a erosión.

Para los tres pastos, el 26,5 % presenta aptitud marginal (2500 ha aproximadamente), de las cuales la mayor parte está restringida por drenajes. Si se realiza drenaje a estos suelos, el nivel de aptitud puede mejorar; incluso a clase A1.

Estos últimos caracterizados por sus escasas limitaciones para la generalidad de los usos de la tierra y en general aptos para una amplia gama de producción de pasturas y especies forestales. Gran parte de los suelos con aptitud marginal corresponden a suelos orgánicos. En este caso, un drenaje excesivo podría secar los suelos irreversiblemente y, con ello, su potencial productivo se vería afectado.

Los suelos no aptos para establecer pastos, están limitados principalmente por profundidad efectiva y pendientes muy fuertes. Se estiman unas 4075 ha como no aptas, lo que corresponde a cerca del 40 % del municipio (Figura 4) (Corpoica, 2015b).

b. En los mapas de escenarios agroclimáticos, la probabilidad de déficit hídrico para el cultivo de los pastos en los sistemas de producción de ganadería bovina doble propósito de acuerdo al mes de siembra o a la etapa fenológica de los pastos; esta probabilidad puede ser baja o muy baja (tonos verdes), media (tonos amarillos) (Palmer, 1965)².

El déficit de agua en el suelo tiene un gran impacto sobre las etapas de desarrollo de los pastos; por lo tanto, se hace necesario e importante realizar una planeación de forraje y conocer en qué época y en qué sectores del municipio se deban sembrar, antes que una condición restrictiva ocurra. En estos mapas, la escala de análisis espacial es 1:100.000.

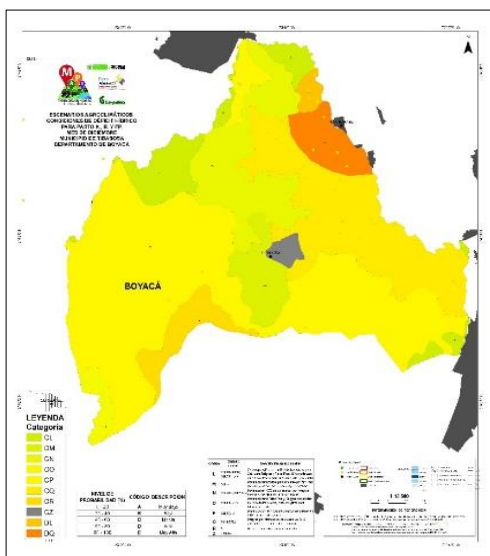
Para tener en cuenta. El trimestre diciembre, enero, febrero (DEF), época de mayores precipitaciones, mientras que en junio la probabilidad de déficit hídrico severo y extremo para pastos fue predominantemente media (tonos amarillos, 40-60 %).

Los meses de diciembre y enero son los más críticos, pues hay una probabilidad entre el 60-80 % (tonos naranjas) de que se presenten deficiencias extremas de agua principalmente hacia el norte del municipio. De marzo a mayo disminuye la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico para pastos (20-40 %) en la mayor parte del territorio.

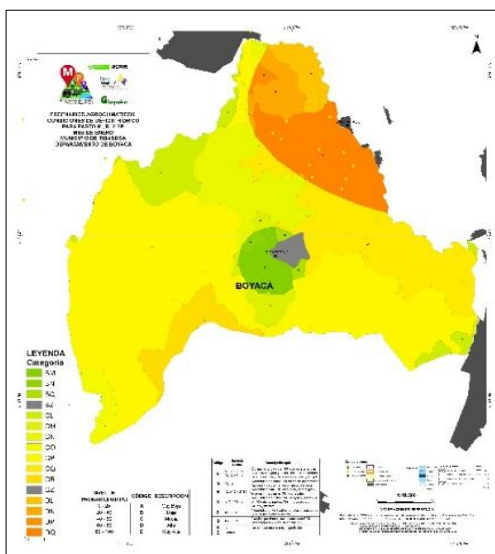
Como se aprecia en los mapas, la mayor parte de la muestra de productores (puntos verdes) se encuentra en las áreas de mayor riesgo a déficit extremos de agua en el suelo (Figura 5).

² El Índice de Palmer mide la duración e intensidad de un evento de sequía, a partir de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo.

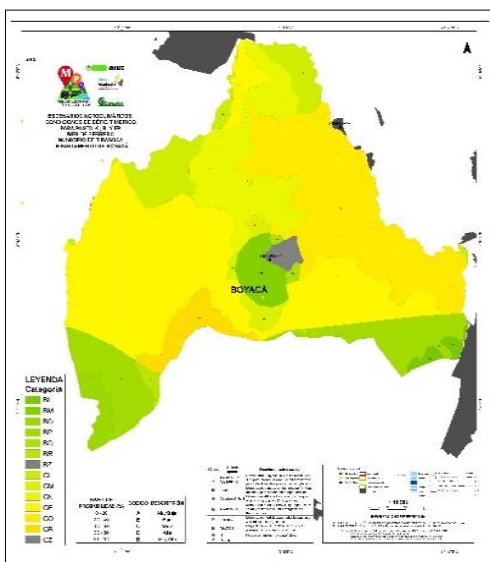
Diciembre



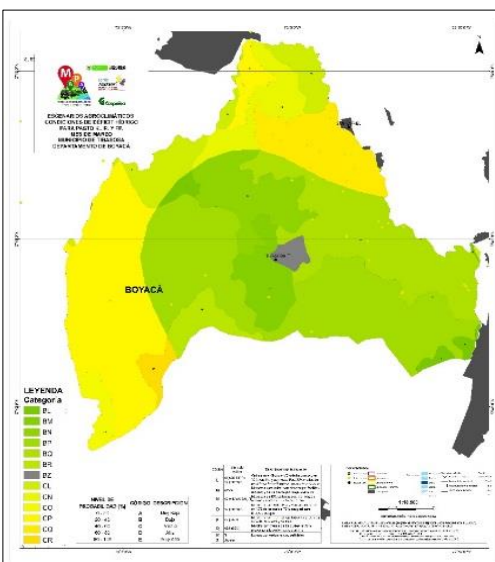
Enero



Febrero



Marzo



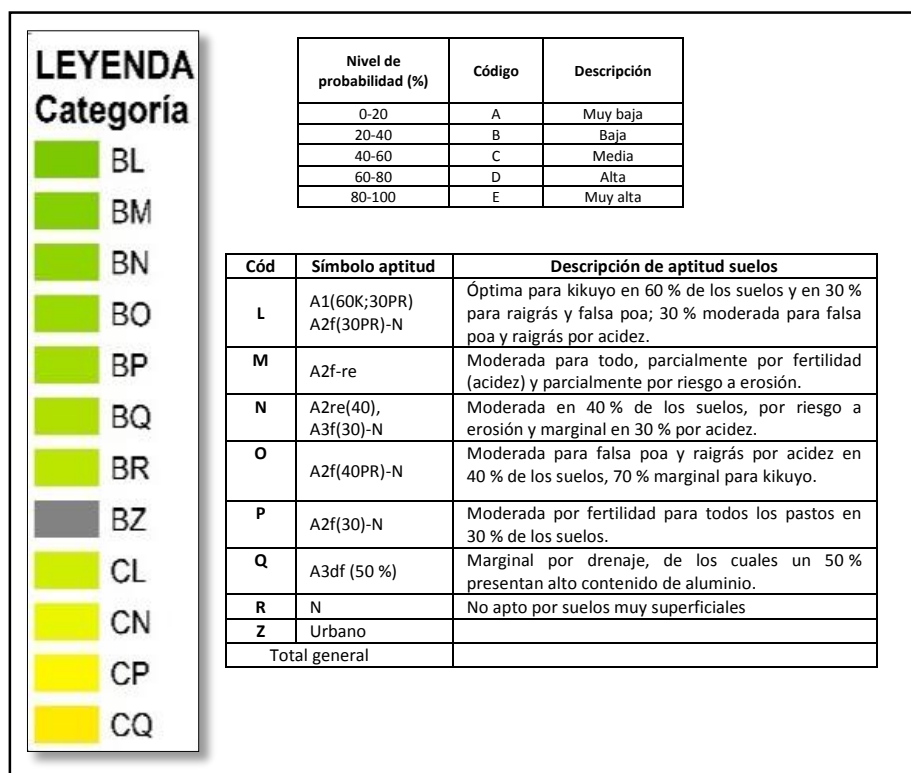


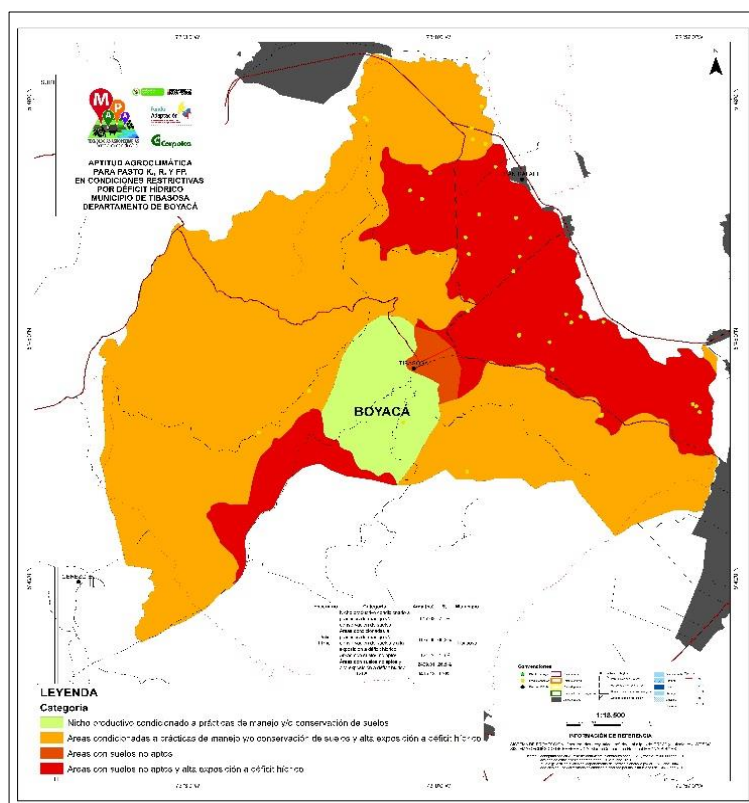
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para los pastos dentro del sistema de ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en las ventanas de análisis diciembre-marzo y marzo-junio.

Fuente: Corpoica (2015b).

Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad de deficiencias de agua en el suelo para el cultivo, en una ventana de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa fenológica específica de acuerdo con los calendarios locales, sin embargo, deben ser entendidos como marcos de referencia (Corpoica, 2015b).

Zonas de Tibasosa en las cuáles el sistema de ganadería bovina doble propósito tendría un mayor o un menor riesgo de pérdida productiva

En el mapa de aptitud agroclimática de Tibasosa se indica la aptitud de los pastos utilizados en el sistema productivo de ganadería bovina doble propósito, en condiciones restrictivas por déficit hídrico (Figura 6)



LEYENDA
Categoría

- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo o conservación de suelos
- Áreas condicionadas a prácticas de manejo o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico
- Áreas con suelos no aptos
- Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico

Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática de Tibasosa para pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raigrás (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*) en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b).



Este mapa integra la exposición mensual a deficiencias hídricas para los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raigrás (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*), y la aptitud de los suelos. La escala de análisis espacial es 1:100.000.

En Tibasosa, se identificaron para las condiciones de déficit hídrico las siguientes categorías de aptitud agroclimática para el cultivo de pastos en el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito:

Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo: ocupa el 7 % del área total del municipio.

Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico: esta categoría ocupa 65,2 % del área total del municipio.

Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico: ocupa el 26,5 % del área total del municipio.

Áreas con suelos no aptos: ocupa el 1,3 % del área total del municipio.

En Tibasosa predominan las “áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o a conservación, y con alta exposición a déficit hídrico”; estos suelos presentan aptitud moderada y alta probabilidad de deficiencias hídricas severas y extremas para los pastos kikuyo, raigrás y falsa poa. Pese a que hay suelos que podrían emplearse en el establecimiento de estos pastos, las excesivas pérdidas de humedad del suelo restringen su uso, debido a los efectos negativos sobre la sanidad vegetal, calidad y productividad.

En las áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico, que ocupan el 26,5 % del área total del municipio, no es recomendable establecer estos pastos; además de las grandes restricciones de los suelos, hay una alta probabilidad de estrés hídrico severo en épocas de lluvias por debajo del promedio multianual.



Para mayor información sobre la aptitud agroclimática para los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raigrás (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*) en Tibasosa (Boyacá), consulte el SE-MAPA.

Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca

Información agroclimática. Esta información puede emplearse para tomar decisiones en la planificación agropecuaria de los sistemas productivos bovinos, identificar riesgos asociados y relacionar diferentes cultivos (pastos y cultivos de forraje) con la climatología de cualquier área, para mejorar así la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

Información agrometeorológica. Esta información puede emplearse para mejorar la toma de decisiones en el manejo de sistemas productivos. Según la *Guía de prácticas agrometeorológicas* (OMM, 2011) la información que los productores agropecuarios requiere para ese fin es la siguiente:

- Datos referidos al estado de la atmósfera (clima): obtenidos a través de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: obtenidos a través del monitoreo de la humedad del suelo, por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Rendimiento de praderas: seguimiento del desarrollo y crecimiento de los pastos y forrajes.
- Prácticas agrícolas y de manejo empleadas: labores culturales; control de plagas, de enfermedades y de malezas; aforos, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan el desarrollo de los forrajes; como excesos y déficit de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal: períodos de crecimiento, épocas de siembra y de cosecha, días de descanso y ocupación de los potreros.
- Observaciones, técnicas y procedimientos utilizados en el desarrollo del sistema productivo.

El registro de datos meteorológicos en la finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperatura máxima, mínima y media; precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables serán analizadas durante el ciclo del sistema productivo y, principalmente, en etapas críticas; además, se relacionarán con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos (Pérez & Adonis, 2012)³.

Sección 2. Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito en condiciones de déficit hídrico del suelo en Tibasosa

En esta sección se presentan alternativas para implementar tecnologías integradas-validadas, con potencial para reducir los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de la ganadería bovina doble propósito en Tibasosa.

Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre enero y noviembre del 2015, época en que se presentaron condiciones de déficit hídrico en el suelo. Durante el período de la validación se observó que la evapotranspiración de referencia (ET_0) fue superior a la precipitación en la mayoría de los meses en los que se llevó a cabo la validación (Figura 7).

³ En la *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo. Consúltela en <http://bit.ly/29P68Zg>.

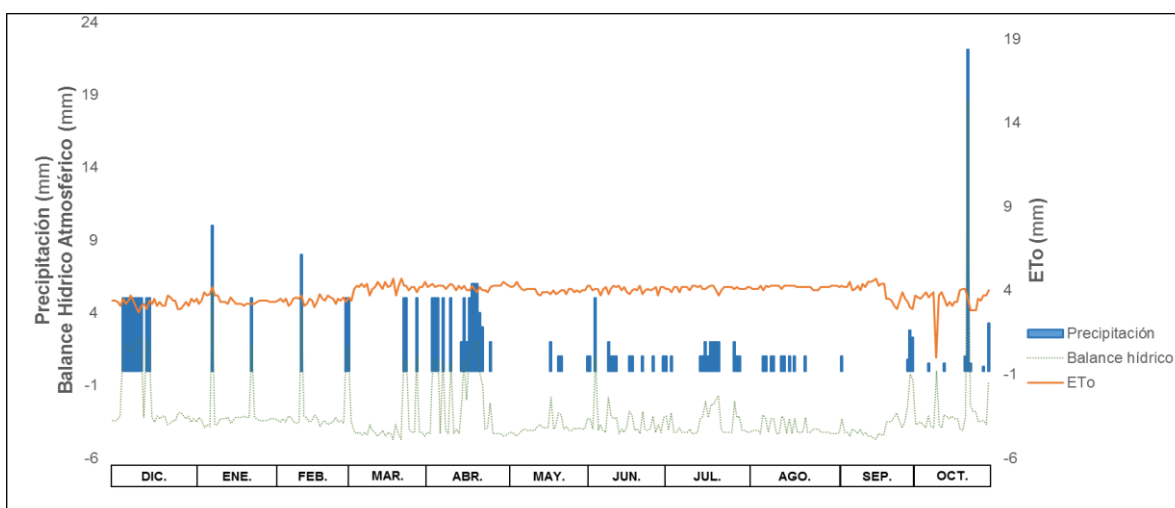


Figura 7. Balance hídrico atmosférico desde diciembre del 2014 hasta octubre del 2015. Parcela de integración sistema productivo de la ganadería bovina doble propósito, en Tibasosa.

Fuente: Corpoica (2016).

Lo anterior coincide con lo encontrado en el balance hídrico agrícola (Figura 8): en el que se observa que la mayoría de los meses de evaluación de las opciones tecnológicas, el agua fácilmente aprovechable (AFA) es superada por el coeficiente de agotamiento que se denota mediante la expresión “Dr Final”.

El índice de estrés hídrico (K_s), indica que, con cercanos a 1, como los presentados entre los meses de diciembre de 2014, abril de 2015 y finales de octubre de 2015, hay una condición leve de estrés hídrico. En contraste, valores cercanos a 0, como los presentados desde enero hasta mediados de octubre de 2015, indican un mayor grado de estrés hídrico.

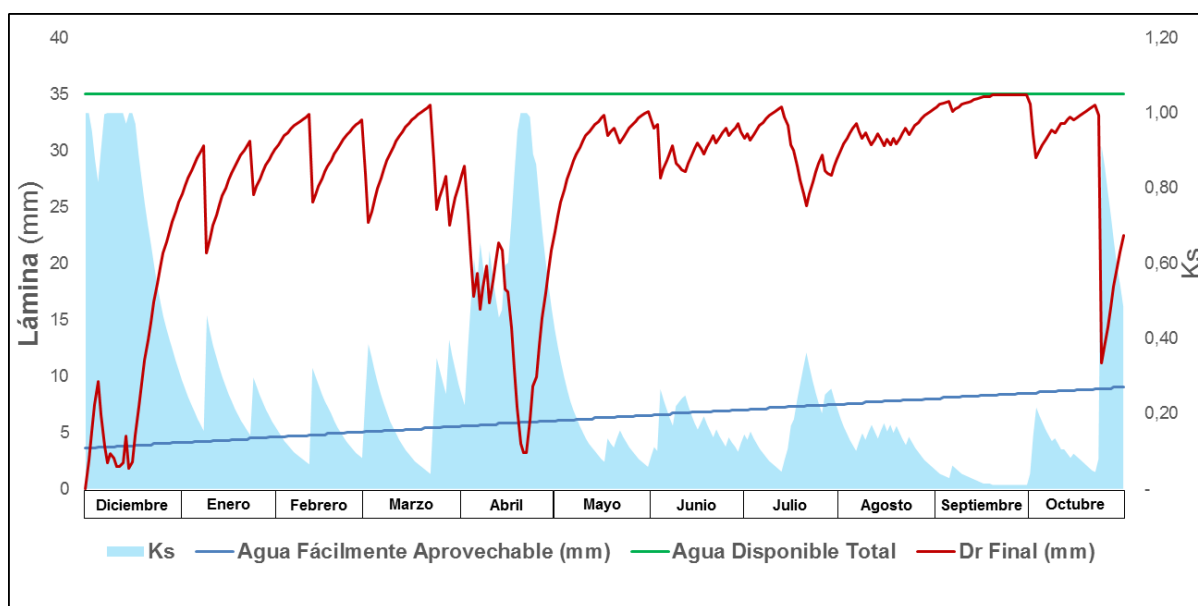


Figura 8. Balance hídrico agrícola desde diciembre del 2014 hasta octubre del 2015. Parcela de integración del sistema productivo bovino de ganadería de doble propósito, en Tibasosa.

Fuente: Corpoica (2016).

Considerando este comportamiento meteorológico y que el manejo tradicional, basado en el pastoreo extensivo de potreros establecidos con los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raigrás (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*), es afectado por condiciones de déficit y exceso hídrico, a continuación se presentan alternativas para implementar algunas opciones tecnológicas con el fin de reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de ganadería bovina doble propósito en condiciones restrictivas de humedad en suelo.

1. Suplementación estratégica energético proteica

La suplementación estratégica es una práctica que consiste en suministrar ciertos nutrientes críticos; no aporta la alimentación con base en pasturas, considerando nutrientes críticos, todos aquellos que por su cantidad y por su acción sobre la fisiología digestiva del animal ejercen un efecto multiplicador sobre la eficiencia alimenticia (Arreaza *et al.*, 2002).

Por lo tanto, la aplicación de prácticas adecuadas de suplementación de bajo costo y fácil utilización en finca, incluyendo el uso de recursos alimenticios tales como: leguminosas arbustivas, residuos de cosecha, subproductos agroindustriales disponibles o potencialmente utilizables en las diferentes regiones, permitirá al productor plantear nuevas estrategias de alimentación, que mejoren la productividad de las empresas ganaderas y disminuyan el impacto negativo de la estacionalidad de la producción de forrajes (Arreaza, *et al.*, 2002).

Para definir el porcentaje de inclusión de cada uno de estos ingredientes, inicialmente, se estiman los requerimientos de materia seca, energía neta de lactancia (ENL), proteína cruda (PC), calcio (Ca) y fósforo (P) para la función de producción de leche (Blas, Mateos & García, 2010); incluyendo también los aportes de nutrientes de las pasturas (a partir de los resultados de los análisis bromatológicos).

Al consolidar estos resultados, se realiza un balance de la alimentación que permite determinar deficiencias de ENL, PC, Ca y P, como se muestra en el Anexo 1.

Después, se utiliza la herramienta *Solver*⁴, de la hoja de cálculo Excel, para formular un suplemento energético-proteico por programación lineal a mínimo costo (PLMC), determinando así las proporciones en las cuales las materias primas deben ser mezcladas para satisfacer las concentraciones de los nutrientes (Tabla 3).

⁴ Herramienta Solver, de la hoja de cálculo Excel, para formular raciones por programación lineal a mínimo costo (PLMC): permite maximizar utilidades o producción de una empresa agropecuaria o industrial, o bien minimizar costos (caso concreto de la formulación de raciones) (Zalapa, 2011).

Tabla 3. Formulación de suplemento (energético-proteico) por programación lineal a mínimo costo (PLMC). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito. Tibasosa (Boyacá).

FORMULACIÓN A MÍNIMO COSTO	Unidad	HARINA MAÍZ *	TORTA PALMISTE *	SEMILLA ALGODÓN*	HARINA ARROZ **	GLICERINA *	TORTA DE SOYA **	FOSFATO BICÁLCICO ***	SOLUCIÓN	Requerimientos nutricionales en la mezcla
PRECIO /kg	\$	730	540	640	750	625	1600	1600		
HUMEDAD	(%)	13,0	8,6	8,0	12,8	9,3	12,0	2,0	10,16	
Proteína (PC)	(%)	9,9	15,9	20,4	7,5	3,1	44,0	0,0	14,57	14,57
Calcio (Ca)	(%)	0,13	0,27	0,11	0,04	0,04	0,29	24,00	0,64	0,64
Fósforo (P)	(%)	0,48	0,58	0,53	0,10	0,24	0,61	17,70	0,78	0,639
Sodio (Na)	(%)	0,02	0,03	0,02	0,02	1,60	0,02	0,07	0,18	
ENL_ Requerimientos totales	kcal/kg	1673	1760	1940	1910	1920	1795	0,0	1801,80	1801
Porcentaje de materias primas en la mezcla.	%	16	19	25	20	10	8	2	100	
Costo materia prima a mezclar		119,69	107,95	160,00	150,00	62,50	104,00	33,82	737,96	Precio kilogramo suplemento (\$/kg)

*Laboratorio de nutrición animal. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) - Centro de Investigación Tibaitatá. 2015. **Tablas FEDNA, 2010. *** Etiqueta del producto comercial.

Fuente: Corpoica (2016).

Los máximos niveles de producción se logran cuando la dieta consumida por el animal cubre sus requerimientos nutricionales en cuanto a energía, proteína, minerales y vitaminas (Mancilla, 2002). El implementar una suplementación estratégica, supone proporcionar una alimentación bien balanceada que no sólo permita una producción rentable de leche, sino también buenos índices reproductivos y ganancias de peso (Sánchez, 2007) (Figura 9).

Para elaborar este suplemento, se requiere una tolva dentro de la cual, conforme se van agregando los ingredientes se van revolviendo, hasta conseguir homogenizarlos, logrando una mezcla consistente, la cual sea palatable para los animales. Este suplemento se puede ofrecer en dos dosis, durante el día, a los animales.



Figura 9. Elaboración del suplemento energético-proteico en la parcela de integración de Tibasosa.
Fuente: Corpoica (2016).

2. Producción y evaluación de la suplementación de ensilaje de avena (*Avena sativa*) en vacas lactantes

El ensilaje es un método de conservación de pastos y forrajes, basado en una fermentación anaeróbica de la masa forrajera; permite mantener durante períodos prolongados la calidad que tenía el forraje en el momento del corte (Sánchez *et al.*, 2002). La calidad de este suplemento está directamente relacionada con la calidad original del material forrajero ensilado. El valor nutritivo del ensilaje es principalmente energético, aspecto conferido por los carbohidratos solubles presentes en algunos de los componentes del material forrajero, particularmente en los granos (Mejía, Cuadrado & Rivero, 2013).

El proceso productivo de la avena forrajera para elaborar el ensilaje, inicia con la medición del lote y la toma de muestra de suelos para análisis. De igual forma, se recomienda considerar la caracterización de la variabilidad climática y la zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos; con esta información, es posible verificar el inicio de las precipitaciones de acuerdo con los registros históricos promedio para la zona, permitiendo que el suelo alcance la capacidad de campo⁵ requerida para una buena germinación de las semillas sembradas.

⁵ Capacidad de campo: contenido de agua que se retiene en el suelo después de ser saturado con agua lluvia y es disponible para las plantas (Lambers *et al.*, 1998, citado por Mariño, 2006).

Previo al proceso de siembra se recomienda realizar una prueba de germinación, en este caso de avena forrajera, con el objetivo de verificar la viabilidad de las semillas, evitando pérdidas de tiempo y de dinero.

Después, se debe demarcar el lote para, luego y de acuerdo a la disponibilidad y a la necesidad, realizar labores de mecanización (arado de disco, rastra de tipo californiana, rotovator, etc.) que garanticen condiciones adecuadas en el suelo para la implantación y germinación de la semilla (Figura 10).



Figura 10. Preparación de suelo para siembra de avena forrajera (*Avena sativa*) asociada con vicia (*Vicia atropurpurea*). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito, en Tibasosa.
Fuente: Corpoica (2016).

El método de siembra recomendado es al voleo (Figura 11), mientras que la densidad sugerida de siembra es de 85 kg.ha⁻¹ de semilla de avena forrajera (*Avena sativa*) y 16 kg.ha⁻¹ de vicia (*Vicia atropurpurea*).

El tapado de la semilla se puede realizar con el tractor a través de un pase de rastra, evitando la deshidratación o el consumo de la semilla por parte de los pájaros e insectos.



Figura 11. Siembra de la asociación entre avena forrajera (*Avena sativa*) y vicia (*Vicia atropurpurea*). Parcela de integración sistema productivo ganadería de doble propósito.
Fuente: Corpoica (2016).

El ensilaje ofrece la posibilidad de asegurar alimentos durante épocas de alta producción y conservarlos para su empleo futuro, especialmente en períodos de escasez por condiciones restrictivas de déficit hídrico en el suelo. A través del suministro de ensilaje se puede incrementar la capacidad de carga en los sistemas productivos ganaderos bovinos, generando además mejores rendimientos económicos (Gavilanes, 2011).

De acuerdo al análisis de suelos y según las recomendaciones de fertilización, se deben considerar aplicaciones de enmiendas o fertilizantes al momento de la siembra, 30 días después y durante el desarrollo del cultivo.

También y al igual que cualquier cultivo, la avena forrajera requiere de un control fitosanitario (arvenses, plagas y enfermedades), para lo cual es importante adelantar labores de prevención, monitoreo y control con el apoyo de un asistente técnico.

Con la finalidad de determinar el punto óptimo de cosecha, aproximadamente sobre los 100 días después de la siembra, se monitorea el estado de madurez de las espigas de la avena, confirmando el estado lechoso del grano (Bolaños, *et al.*, 2003).

Luego de confirmada la maduración, mediante una hoz o una macaneadora se realiza la cosecha, después se transporta el material cosechado al sitio de picado; esta última actividad mediante una pica-pasto que garantice un tamaño de picado aproximado a los 1,5 cm, con el material bien partido, que tenga entre 7 y 12 % de partículas de más de 2,5 cm pero nunca mayor a 8 cm (Figura 12).

El proceso de empacado del material se realiza en bolsas para ensilaje calibre siete, de forma manual o a través de una máquina ensiladora (Silo Pack J401®). El material a ensilar se puede diluir utilizando melaza, la cual se mezcla con agua a una proporción de 30 kg de melaza por 60 l de agua (Figura 12).



Figura 12. Actividades realizadas de corte, picado, empacado y almacenamiento de bolsas de ensilaje de avena (*Avena sativa*) con vicia (*Vicia atropurpurea*). Parcela de integración sistema productivo ganadería de doble propósito, en Tibasosa.

Fuente: Corpoica (2016).

Finalmente, las bolsas se almacenan en un lugar cubierto y libre del daño por roedores (Figura 12). Esperar al menos unos 25 a 40 días antes de abrir el silo para utilizar el ensilaje, así se asegura que el proceso de ensilado ha alcanzado la fase de estabilización (Arreaza, *et al.*, 2012).

El ensilaje se puede suministrar a las vacas a razón de 8 kg/día.

Para mayor información sobre las opciones tecnológicas descritas, consulte el SE-MAPA.

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

Las ventajas comparativas de las opciones tecnológicas validadas, como un componente adicional a este sistema de ganadería bovina, están presentadas bajo una condición restrictiva por déficit hídrico en el suelo. Las tecnologías descritas anteriormente se validaron en área condicionada a prácticas de manejo o conservación de suelos, y alta exposición a déficit hídrico; por lo que es un marco de referencia, y su eventual implementación en otro predio del municipio de Tibasosa con un sistema productivo de ganadería doble propósito se debe ajustar a la zonificación de aptitud agroclimática.

Durante una condición restrictiva por déficit hídrico en el suelo, al integrar las opciones tecnológicas (suplemento energético-proteico y ensilaje de avena) al esquema alimenticio de las vacas de la parcela de integración, se obtuvieron resultados positivos en algunas de las variables productivas evaluadas: producción de leche, porcentaje de proteína y porcentaje de sólidos totales en la leche.

Con el esquema tradicional de alimentación, con base en pastoreo extensivo de potreros establecidos con pasto kikuyo, las vacas de la parcela de integración registraron producciones diarias promedio de 10,36 l de leche (Tabla 4).



Luego de incluir el suplemento energético-proteico en el esquema alimenticio, estos animales alcanzaron una producción diaria promedio de 11,55 l de leche. En consecuencia, la producción diaria de leche aumentó 1,19 l (Tabla 4).

De igual manera, la producción promedio diaria de leche aumentó 1,69 l, luego de suministrar a estos animales suplemento energético-proteico más ensilaje de avena forrajera. Lo anterior debido a que de 10,36 l de leche diarios producidos con el esquema de manejo tradicional, se pasó a registros diarios promedio de 12,05 l de leche (Tabla 4). Con la integración de estas opciones tecnológicas el costo de alimentación fue menor al del manejo tradicional. Bajo el presupuesto parcial el ingreso monetario disponible con estas opciones tecnológicas fue de \$4202 y el de la tecnología local de \$643, mostrando un diferencial en ganancias de \$3558.

Se registraron también diferencias en algunas variables que determinan la calidad composicional de la leche, específicamente proteína cruda (PC) y sólidos totales (ST). El contenido de PC de la leche, expresada en porcentaje, tuvo un aumento luego de que las vacas consumieran los suplementos alimenticios, tanto al suministrarles solamente el suplemento energético-proteico, como al ofrecerles este suplemento junto con ensilaje de avena forrajera. Lo anterior, en comparación con los resultados obtenidos durante el manejo tradicional de las vacas (Tabla 4).

Otro aspecto importante en la calidad de la leche que se vio positivamente influenciado a través de la validación tecnológica alimenticia fue el porcentaje de ST. El análisis composicional de la leche arrojó un valor de 12,76 % para los ST, luego de haber suministrado a las vacas el suplemento energético-proteico junto con el ensilaje de avena forrajera. Porcentaje mayor al obtenido para la misma variable en la leche producida por estas vacas durante el tiempo que se alimentaron con el esquema de manejo tradicional (Tabla 4).

Tabla 4. Relación de aspectos productivos entre esquemas de manejo para ganadería bovina de doble propósito. Parcela de integración de Tibasosa.

Período de evaluación	Esquema de manejo	Producción de leche (l/vaca/día)	Proteína (%)	Sólidos totales (%)
Enero - Noviembre 2015	Manejo tradicional	10,36	2,73	12,30
	Opción tecnológica suplemento energético-proteico	11,55	2,92	12,47
	Opción tecnológica suplemento energético-proteico + ensilaje de avena forrajera	12,05	2,97	12,76

Fuente: Corpoica (2016).

Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema de ganadería bovina de doble propósito a condiciones restrictivas de humedad en el suelo

Con el propósito de disminuir la vulnerabilidad del sistema de la ganadería bovina doble propósito en Tibasosa (Boyacá), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnológicas que aumenten la capacidad adaptativa del sistema.

A continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial frente a condiciones restrictivas de déficit o exceso hídrico en el suelo, y que complementan las opciones tecnológicas descritas anteriormente:

a. Suplementación estratégica con bloques multinutricionales energético-proteicos

El bloque multinutricional (BMN) es una práctica de fácil adopción, facilita el suministro de diversas sustancias nutritivas sólidas que, además de incorporar nitrógeno no proteico (NNP) presente en la Urea, incorpora otros elementos nutricionales como carbohidratos solubles (azúcares solubles) a través de la melaza, almidones contenidos en los salvados y harinas, macro y micro minerales aportados por la sal mineralizada y proteína verdadera (aminoácidos) a través de los salvados y las harinas que se incorporaron normalmente en las fórmulas para elaborar el BMN (Sansoucy, 1989) (Figura 13).



Figura 13. Bloque multinutricional utilizado en la parcela de integración de Tibasosa.
Fuente: Corpoica (2016).

El BMN permite suplementar lentamente nutrientes como energía, proteína, minerales y vitaminas, entre otros, por medio de una presentación sólida de dureza adecuada para que los animales puedan obtenerlos al lamer o morder, supliendo así adecuadamente sus requerimientos nutricionales, especialmente cuando la base alimenticia se deriva de forrajes fibrosos con bajos niveles de energía, proteína y minerales (Rivero, *et al.*, 2013).

Hay muchas fórmulas que se pueden utilizar para la elaboración de un BMN; sin embargo, se debe tener en cuenta la disponibilidad de las materias primas en la región. En la Tabla 5, se presenta una fórmula para la elaboración de un BMN de 5 kg, la cual puede implementarse en sistemas productivos de ganadería doble propósito en Boyacá.

Tabla 5. Fórmula para la elaboración de un BMN de 5 kg. Parcela de integración sistema productivo ganadería doble propósito, Tibasosa (Boyacá).

Ingredientes	Porcentaje de inclusión (%)
Componente energético (melaza o glicerol)	45
Sal mineralizada al 12%	10
Torta de soya	10
Harina de arroz	5
Mogolla	20
Cal viva	10
Total fórmula	100

Fuente: Corpoica (2016).

Esta fórmula estará sujeta a modificaciones de acuerdo a la disponibilidad y consecución de las materias primas en la región. Siempre se buscará la inclusión de las proporciones energético-proteicas adecuadas para el equilibrio dietario deseado.

Para elaborar un bloque multinutricional, primero se deben seleccionar las materias primas, de consecución local en lo posible, que puedan conferir los siguientes elementos al BMN: energía, minerales, proteína, fibra y aglutinación (Figura 14).



Figura 14. Elaboración de BMN en la parcela de integración de Tibasosa (Boyacá).
Fuente: Corpoica (2016).

Después se definen las proporciones de cada elemento a incluir dentro de la elaboración del BMN, partiendo de los requerimientos nutricionales de los animales del hato o de sus actuales condiciones deficitarias en energía y proteína.

La fabricación de los BMN es posible a nivel artesanal y semi-industrial. El proceso artesanal se compone de cuatro pasos: preparación de los componentes, mezcla, moldeo y secado; mientras que la semi-industrial se distingue de la artesanal en que el proceso de moldeo y consecución de los BMN se realiza a través de una máquina denominada *Cimva RAM*, la cual es usada en labores de construcción para la elaboración de bloques de adobe y que, con algunos ajustes, permite también el moldeo del BMN (Figura 15).



Figura 15. Proceso de moldeo mediante una Cimva RAM.
Fuente: Corpoica (2016).

El tamaño del BMN puede ser de 5, 10 o 25 kg; dependiendo del proceso y de los recursos que se utilicen en finca para moldearlos. Se debe garantizar una dureza adecuada del BMN y, para ello, el proceso de secado dura 8 a 15 días dependiendo de la humedad ambiental. El sitio de secado deberá tener techo y contar con buena aireación y ventilación.

El consumo del BMN dependerá del tipo de animal, su peso, la composición de la dieta, la oferta y la calidad forrajera, como también del tiempo de suministro (Albarracín & Londoño, 2012). Por ejemplo, una vaca adulta con un peso entre 360 y 560 kg puede consumir de 400 a 800 g/día.

b. Renovación de praderas

Es una práctica que desarrollada de forma organizada y planificada permite al sistema productivo adaptarse a condiciones restrictivas de humedad en el suelo (Sánchez, *et al.*, 2013), a través de la renovación de las pasturas que han sufrido un proceso de degradación.

Una pradera se debe manejar como un sistema productivo, de tal forma que se deben implementar diferentes prácticas agronómicas que garanticen su adecuado desarrollo.

La práctica de renovación debe considerar los siguientes criterios:

Condiciones agroecológicas del predio. Además del análisis agroclimático descrito en la sección 1, es importante conocer las condiciones agroecológicas del predio a renovar. Se deben considerar aspectos como la altura sobre el nivel del mar, la topografía y el paisaje en el que se encuentra ubicado el predio para determinar las posibilidades de mecanización, valores promedio de temperatura mínima, máxima y media, precipitación anual promedio, tipo y textura del suelo, ph, presencia de arvenses, ente otros. Además, se debe considerar la realización de análisis físico y químico del suelo, cuyos resultados permiten determinar la estrategia de acondicionamiento del suelo para lograr un mejor desarrollo y rendimiento de las pasturas (Sánchez, *et al.*, 2013).

Especies a establecer. Al realizar la selección de la especie, se debe definir el propósito del sistema de producción (leche, carne o doble propósito), y también considerar los siguientes factores:

- Agresividad de la especie, teniendo en cuenta que en zonas donde la invasión de malezas es elevada, es necesaria la selección de especies que se establezcan rápidamente.
- Adaptación de la especie a condiciones locales de clima y suelo
- Comportamiento ante plagas y enfermedades.
- La oferta de materia seca por unidad de superficie y calidad nutricional.
- La utilización que se le piensa dar al nuevo pasto (corte, pastoreo, uso intensivo o semiintensivo).
- La capacidad para tolerar las sequías; es decir, producción de rebrotes y conservación de hojas durante la época seca, además de la capacidad de recuperarse rápidamente cuando llegan las lluvias.
- La capacidad de asociación con otras especies y la palatabilidad por los animales (Sánchez, *et al.*, 2013a).

Material de siembra. Se debe considerar que para la propagación de los pastos y, en este caso, para renovar una pradera existen semillas botánicas y material vegetativo, que pueden ser gramíneas o leguminosas; también serán importantes las condiciones agroecológicas del predio para definir la especie que mejor se adapte, la más propicia para propagar y que permita llevar a cabo la renovación de la pradera, buscando evitar intervenciones considerables y sobrecostos por concepto de adecuación de tierras.

Para el caso de la semilla botánica, se debe verificar el porcentaje de germinación antes de realizar la siembra. Semillas con porcentajes de germinación por encima del 70 % garantizan una buena emergencia; por debajo de este valor, la semilla se debe descartar y no ser sembrada (Reza *et al.*, 2011). Se recomienda utilizar la siguiente ecuación para calcular el porcentaje de germinación:

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \times 100 \%$$

Cuando la propagación se realiza con material vegetativo, a través de rizomas, estolones (tallos rastreros) o estacas, se debe utilizar material maduro, no pasado y que cuente con suficientes yemas para facilitar su enraizamiento (Sánchez, *et al.*, 2013a).

Mecanización. Para preparar el suelo, se deben tener en cuenta las recomendaciones generadas en los resultados del diagnóstico físico del suelo y, con base en éstas, seleccionar las prácticas de laboreo a emplear.

Se debe conseguir una superficie mullida (blanda y esponjosa), no dejar zanjas en la superficie y nivelar o banquear el terreno. En suelos que permiten mecanización y para procesos de renovación de praderas, se recomienda realizar labores de labranza vertical (acondicionamiento del suelo sin voltear el perfil). Estas labores se logran utilizando implementos como desbrozadora, renovador de praderas y rotovitor de cuchilla recta y/o rastrillo californiano sin traba, los cuales no deforman la estructura del suelo y reducen la pérdida de humedad.

- La desbrozadora posee cuchillas rotatorias que cortan y pican el material inerte y los colchones de pasto en trozos pequeños, permitiendo que estos materiales se incorporen al suelo como materia orgánica.
- El renovador, mediante cinceles rígidos o vibratorios, descompacta el suelo y restituye la circulación de aire y agua, favoreciendo el desarrollo radicular de los materiales forrajeros existentes y aquellos a establecer (Figura 16).



Figura 16. Efecto del implemento renovador de praderas sobre el suelo.
Fuente: Corpoica (2016).

Si el suelo no es mecanizable, se sugiere recurrir a la preparación a través de enseres de mano como la pala, la azada, el rastrillo, horca de doble mango (en áreas pequeñas) o con tracción animal (bueyes). En estos casos, es recomendable el control de las especies indeseables en los potreros mediante el uso de herbicidas.

Manejo durante la siembra. Durante la siembra de pastos para la renovación de praderas se pueden utilizar dos sistemas diferentes:

- Al voleo (manual). Permite un mayor rendimiento y buena distribución de la semilla durante la siembra. Las semillas pueden ser tapadas utilizando una rama con bastantes hojas que va amarrada al tractor; en áreas pequeñas una persona puede arrastrar estas ramas y tapar las semillas.
- Manual en hileras o en chorrillo. Se requiere menor cantidad de semilla, aunque la siembra requiere más mano de obra. Se aconseja su uso cuando las semillas utilizadas son pequeñas, estas pueden ser tapadas por el movimiento que producen las gotas de lluvia sobre la tierra, cuando se siembra en temporada de lluvia.

Las semillas pequeñas no deben cubrirse con capas de tierra superiores a 2 cm. Se recomienda mezclar este tipo de semillas con arena fina o tierra en proporciones por peso de 1:5 y nunca cubrirlas (Sánchez, *et al.*, 2013).

Si la renovación se realiza utilizando material vegetativo y la siembra se realiza en surcos, la distancia recomendada entre los surcos puede ser entre 60 y 80 centímetros, y entre matas de 30 a 50 centímetros, considerando sin embargo, que la especie forrajera seleccionada para ser establecida tiene especificaciones que se deberán tener en cuenta al momento de la siembra.

Si se mezcla con fertilizantes nitrogenados o potásicos, la semilla se puede quemar y no germinar. La profundidad de siembra es cinco veces el diámetro de la semilla.

Fertilización. Consiste en la aplicación de productos orgánicos o inorgánicos, naturales o sintéticos, comúnmente llamados abonos o fertilizantes para devolverle al suelo los elementos perdidos por cosechas anteriores o por el lavado y la erosión del suelo (Sánchez, *et al.*, 2013).

Una pastura se fertiliza adecuadamente cuando se realiza análisis químico de suelos y se corrigen deficiencias de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), microelementos y la acidez del suelo.

La fertilización durante la renovación de praderas permite incrementar la producción de pasto, aumentar el valor nutritivo y la duración de las pasturas, además de mejorar la capacidad de carga de las pasturas.

Se debe fertilizar cuando exista una buena humedad, al inicio de las lluvias y, en lo posible, cada tres o cuatro períodos rotacionales.

Manejo de arvenses. Las arvenses son plantas de diferentes especies que suelen invadir los lotes de pastos. Estas plantas compiten por luz, agua, espacio y nutrientes con las gramíneas y leguminosas deseables. Inhiben su normal crecimiento, reducen el área disponible y por lo tanto el volumen potencial de forraje (Sánchez, *et al.*, 2013a).

En condiciones de déficit hídrico en el suelo y dada la restricción de mecanizar previo a la siembra, se aconseja recurrir al control químico. Este control debe hacerse antes de que las arvenses produzcan semillas, usando herbicidas de contacto y sistémicos. Esta práctica tiene efectos positivos en el control de enfermedades e insectos dañinos.

Antes de renovar la pradera es importante realizar un reconocimiento de arvenses en el lote para determinar su manejo o erradicación. En la pradera renovada se permite la presencia de arvenses consumibles por los animales, mientras que aquellas no recomendables para ser consumidas se erradican manual o mecánicamente (guadaña).

Riego. Se debe garantizar la humedad en el suelo para el correcto desarrollo de las especies involucradas en la renovación, especialmente en épocas de sequía y en zonas como el municipio de Tibasosa, donde la distribución de las lluvias no es uniforme a lo largo del año (Figura 7). Para ello, se recomienda calcular el caudal de riego y regar por lo menos una vez por semana, considerando la capacidad que tiene el suelo de almacenar agua y las necesidades hídricas de los pastos; por ejemplo, pastos como el kikuyo, el azul orchoro, algunos raigrases y tréboles, requieren entre 600 y 800 mm anuales para su desarrollo (Bernal, 2005).

Los métodos más comunes para el riego de estos sistemas son: inundación o gravedad, zanjeado y aspersión.

La renovación de praderas tiene como propósito mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, con el fin de promover un ambiente favorable para el crecimiento y el desarrollo vigoroso de las especies forrajeras, favorecer la estabilidad de las especies sembradas y reducir la incidencia de malezas, aspectos que contribuyen a mejorar la productividad y la persistencia de las praderas.

c. Sistemas silvopastoriles para ganadería bovina

Existen diferentes tipos de arreglos silvopastoriles, entre los cuales pueden mencionarse las cercas vivas, los arreglos de sombra, de ramoneo, los bancos forrajeros y bancos mixtos forrajeros, que en trópico alto son establecidos con diversas especies dependiendo de la región (Uribe, *et al.*, 2011). En el municipio de Tibasosa se podrían establecer los siguientes arreglos silvopastoriles:

- **Sistema Silvopastoril de Ramoneo.** Este sistema permite mejorar las condiciones micro-climáticas y de calidad nutricional de la pradera. Las especies involucradas son de rápido crecimiento y facilidad de rebrote, permitiendo el consumo directo de forraje de alto valor nutricional para los animales mediante el ramoneo de los árboles. Para un adecuado aprovechamiento de este sistema los árboles deben mantener una altura máxima de 2 m, con el objeto de facilitar el ramoneo por el animal.
- **Sistema Silvopastoril de Cerca Viva.** Corresponde a siembras lineales de arbustos y/o árboles, en uno o varios estratos y de forma perpendicular a la dirección principal del viento para reducir los efectos de la erosión eólica sobre el suelo. Se utilizan para dividir potreros, proteger taludes, establecer linderos entre propiedades, como barreras rompevientos, fuente de leña, carbón, madera, frutos o forraje, y en las riveras de los ríos, quebradas y nacimientos de agua.

Este tipo de sistema permite la protección de cultivos, ganado, infraestructura y suelo. Consiste en el establecimiento de una o más hileras de árboles, como una barrera para

detener el viento o para reducir su intensidad. En la zona se pueden utilizar plántulas o brotes de los siguientes árboles: leucaena (*Leucaena leucocephala*), matarratón (*Gliricidia sepium*), tilo (*Tilia platyphyllos*), botón de oro (*Tithonia Diversifolia*), sauco (*Sambucus nigra*), chachafruto (*Erythrina edulis*) entre otros.

- **Sistema Silvopastoril de Bancos Forrajeros.** También llamados bancos mixtos. En este tipo de sistema se destaca la alta densidad de siembra del material vegetal, se describen como áreas compactas, cercanas a las instalaciones de manejo y alimentación de los animales (corrales, establos, etc.), destinadas exclusivamente a la producción de grandes volúmenes de forrajes de alta calidad para su utilización en la suplementación animal. Su utilización puede darse bajo dos sistemas: corte o pastoreo.

Por ejemplo, en el sistema de corte se estimula el consumo al ofrecer picado el alimento a los animales, reduciendo el desperdicio. Este sistema puede establecerse con distancias de siembra entre 0,25 m y 1 m entre arbustos forrajeros y un metro de distancia entre surcos (Pezo & Ibrahim, 1998).

Las opciones tecnológicas complementarias descritas tienen uso potencial también en condiciones de exceso hídrico en el suelo. Sin embargo, su consideración debe estar provista del análisis del riesgo agroclimático con base en la ruta metodológica del presente plan y apoyado en el Sistema Experto MAPA.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de la ganadería bovina doble propósito de Tibasosa (Boyacá), consulte SE-MAPA.

Como se expuso en las secciones 1 y 2, son dos los determinantes del riesgo agroclimático: la amenaza y la vulnerabilidad. La primera se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas; y la segunda, a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa



del mismo. Esta última se aumenta con la implementación de opciones tecnológicas integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos; dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

A continuación se presentan algunos criterios técnico-económicos para la implementación de las opciones tecnológicas presentadas en la primera parte de la sección 2, con base en dominios de recomendación.

Sección 3. Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de la ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores con características socioeconómicas relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer más o menos las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores, Leyva & Varela, 2008, pp. 5-10). A partir de los dominios de recomendación, se pueden diseñar modelos de optimización productiva en los cuales se proponga un plan de producción en función de los recursos disponibles en cada grupo. En el marco del proyecto MAPA, la recomendación sobre la adopción de las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio está dada con base en los resultados de viabilidad de los modelos microeconómicos, en la exposición agroclimática del área donde se encuentran localizados y en los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos ante los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

Para cada dominio (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo a los resultados del análisis socioeconómico. Se busca identificar las tecnologías propuestas viables (en términos financieros) y cómo deben implementarse, según las características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.). Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos; deben ajustarse a las particularidades de cada caso.

Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información obtenida de encuestas aplicadas a productores. Primero se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. Luego se hace el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa acorde con las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo.

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática limitante, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación y genera diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios, se elaboran mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o exceso hídrico; esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación.

Los dominios, entonces, se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio respecto a la adopción de las tecnologías se basa en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo.

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito en Tibasosa

En la Tabla 6, se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se presentan el grado de exposición, el grado de sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición de déficit hídrico en el suelo para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es media para los productores de los dominios uno y tres, y es alta para los productores de los dominios dos y cuatro. El grado de sensibilidad que presentan los sistemas de ganadería bovina doble propósito de Tibasosa, ante un evento de déficit hídrico, es medio para todos los dominios. Así mismo, la capacidad adaptativa es media para todos los dominios de recomendación.

Finalmente, la última columna de la Tabla 6, muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del uso de ensilaje de avena forrajera como opción tecnológica alimenticia de acuerdo a las características de los productores de cada dominio; además, establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso, resulta viable el uso de este esquema de manejo alimenticio para los animales de la zona.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de la ganadería bovina de doble propósito de Tibasosa.

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. En su mayoría con disponibilidad de riego y con exposición de grado medio a la condición de déficit hídrico.	Media	Media	Media	Viable
2. En su mayoría con disponibilidad de riego y con alta exposición a condición de déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable

3. En su mayoría sin disponibilidad de riego y con exposición de gado medio a la condición de déficit hídrico.	Media	Media	Media	Viable
4. En su mayoría sin disponibilidad de riego y con alta exposición a condición de déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio

Domino uno

Los productores del dominio uno se encuentran ubicados en zonas con suelos que presentan leves restricciones para la explotación ganadera bovina, lo que les confiere un grado medio de exposición agroclimática. Por otra parte, las explotaciones ganaderas en Tibasosa tienen un grado de sensibilidad medio ante déficit hídrico; debido, en gran medida, a que los productores no tienen un esquema adecuado de control de arvenses. Al mismo tiempo, presentan una alta capacidad de carga animal (medida como unidad de gran ganado (UGG) por hectárea).

Son productores que utilizan buenos programas de alimentación para sus animales. Muestran un nivel de capacidad de adaptación medio ante una condición de déficit hídrico; en gran parte porque cuentan con asistencia técnica de calidad en campo, en su mayoría son propietarios de los predios y tienen buena disponibilidad de mano de obra familiar. Estos productores carecen de buenos acuerdos de comercialización para sus productos y no tienen acceso a la información agroclimática (Figura 17).

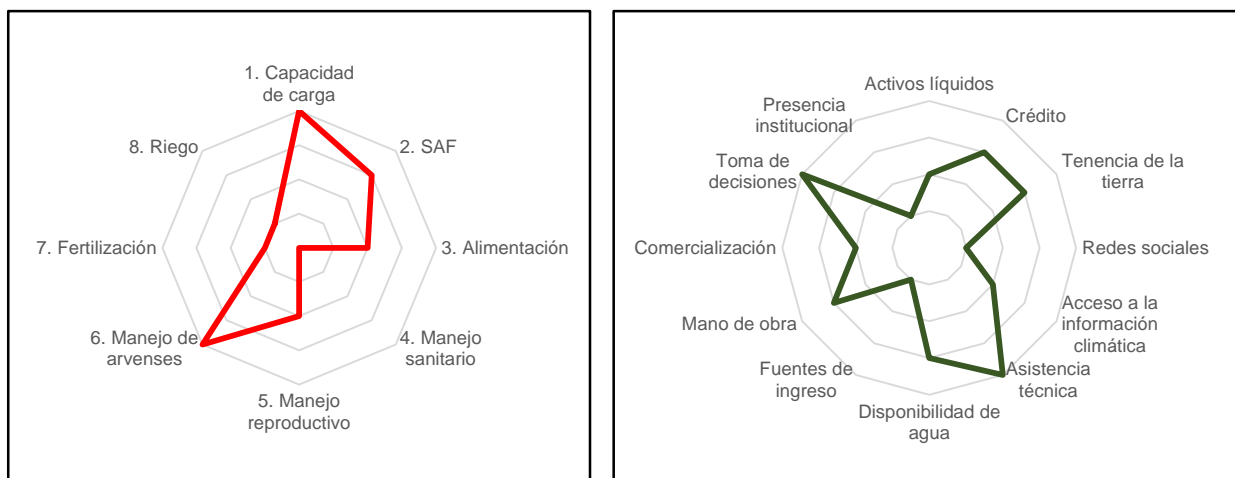


Figura 17. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio uno.

De acuerdo al análisis socioeconómico, la opción de suplementación alimenticia propuesta (con uso de ensilaje de avena forrajera) resulta viable de acuerdo al comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Este esquema de manejo productivo constituye una alternativa factible y de mejor respuesta financiera para el productor que la sola alimentación mediante pastoreo extensivo. Se resalta que los productores de este dominio se encuentran ubicados en zonas de exposición agroclimática media ante déficit hídrico y, en este sentido, la implementación tecnológica constituye una estrategia de mitigación de los efectos adversos de una condición de déficit hídrico. El dominio de recomendación uno está dirigido a productores con disponibilidad de riego. En promedio son productores pequeños y con una capacidad de carga animal de 1,6 UGG/hectárea.

Dada la cantidad de bovinos por hectárea que presentan los productores de este dominio, se tiene que, para un productor representativo, con cinco hectáreas y ocho bovinos, la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al establecimiento de pastura y en mínima proporción a la siembra de avena forrajera para ensilaje. En concreto, se debe disponer de aproximadamente 2,7 ha para el establecimiento de pasturas (en

proporción 0,33 ha por cada UGG) y un área de aproximadamente 0,25 ha, para la siembra de ensilaje (0,03 ha por cada UGG).

Comparando ambos esquemas productivos, se tiene que, bajo el manejo tradicional en un escenario restrictivo por déficit hídrico en el suelo, los productores tendrían que vender bovinos, dada la imposibilidad de ofrecer a estos el alimento necesario; mientras que, bajo el esquema de manejo mejorado con base en el establecimiento de pastura más ensilaje de avena forrajera, se reduce esta hipotética necesidad de venta de ganado.

Dominio dos

Los productores del dominio dos, presentan un grado de exposición alto ante una condición restrictiva por déficit hídrico, debido a que sus explotaciones se encuentran en suelos no aptos para ganadería y tienen mayor probabilidad de ocurrencia de una condición hídrica restrictiva en sus suelos. La sensibilidad de estos sistemas productivos es de grado medio, debido a la falta de esquemas adecuados para el manejo de arvenses y la alta capacidad de carga animal. Finalmente, la capacidad de adaptación que presentan los productores de este dominio es media, son productores propietarios de los predios, tienen una buena disponibilidad de agua para uso en actividades productivas, aunque carecen de adecuados esquemas de comercialización, de asistencia técnica de calidad en campo y de disponibilidad de información agroclimática (Figura 18).

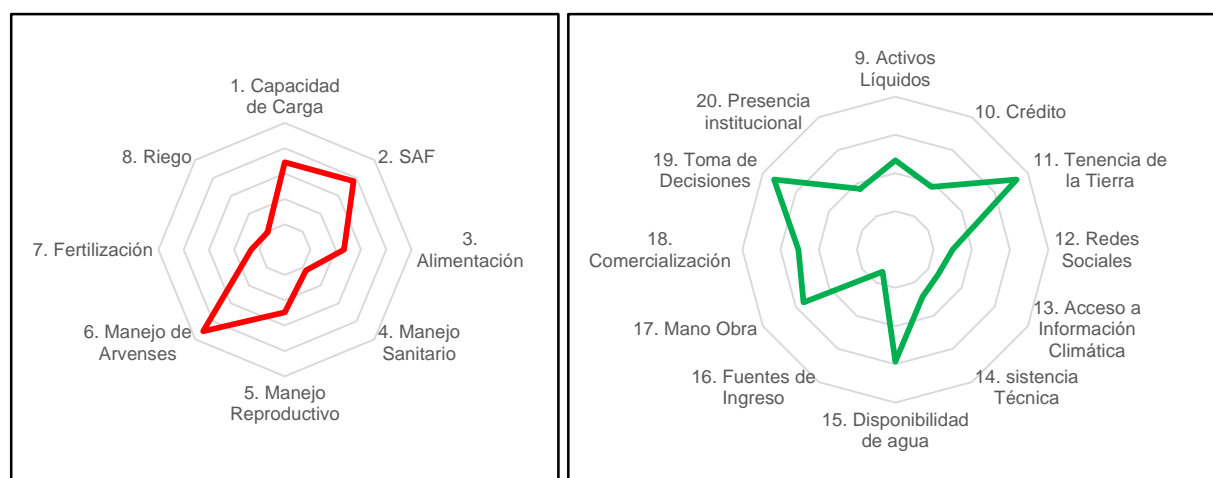


Figura 18. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio dos.



El dominio de recomendación dos está dirigido a productores con disponibilidad de riego. En promedio son productores pequeños y con una capacidad de carga animal de 1,6 UGG por hectárea.

La implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al establecimiento de pastura y en mínima proporción a la siembra de avena para ensilaje. En concreto, se debe disponer de aproximadamente 2,7 ha para el establecimiento de pasturas (en proporción 0,33 ha por UGG) y un área de aproximadamente 0,25 ha para la siembra de avena forrajera para ensilaje (0,03 ha por cada UGG).

La característica principal de los productores del dominio dos es que presentan un grado alto de exposición agroclimática ante déficit hídrico; pero disponen de riego, el cual usan para promover el desarrollo de sus cultivos en especial durante períodos de sequía prolongados. La opción tecnológica es prioritaria y se debe implementar para mitigar los efectos adversos de una condición de déficit hídrico en el suelo.

Comparando ambos esquemas de manejo productivo, se tiene que, bajo el manejo tradicional, en un escenario restrictivo por déficit hídrico, los productores tendrían que vender bovinos, dada la imposibilidad de ofrecer a éstos el alimento necesario; mientras que bajo el esquema de manejo mejorado con base en el establecimiento de pastura más ensilaje de avena, se reduce esta hipotética necesidad de venta de ganado.

Dominio tres

Los productores del dominio tres, se encuentran ubicados en zonas con leves restricciones para la producción ganadera, lo que les confiere un grado de exposición agroclimática medio ante una condición de déficit hídrico en el suelo. La sensibilidad del sistema ante condición de déficit hídrico es media, debida en especial a los deficientes esquemas de manejo de especies arvenses; sin embargo, aplican buenas metodologías para el manejo de problemas sanitarios de los animales.

La capacidad de adaptación de los productores de este dominio es de grado medio, debido a que ellos son propietarios de los predios, tienen asistencia técnica de calidad en campo y buena disponibilidad de mano de obra familiar, no obstante tienen acceso limitado a créditos e información agroclimática y carecen de fuentes de agua para la producción forrajera (Figura 19).

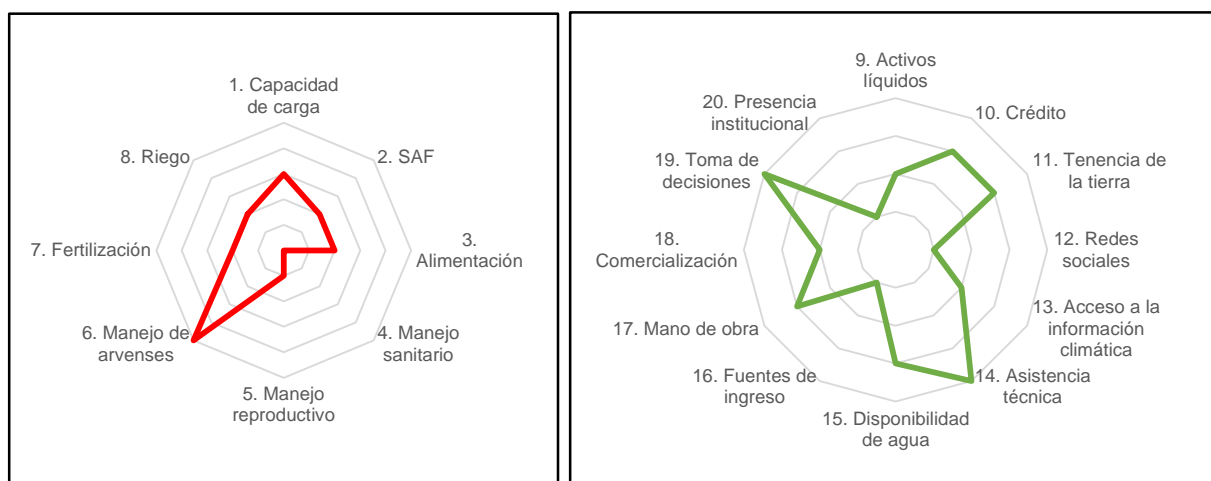


Figura 19. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio tres.

De acuerdo al análisis socioeconómico la opción alimenticia propuesta (uso de ensilaje de avena forrajera) resulta viable de acuerdo al comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Este esquema productivo constituye una alternativa factible y de mejor respuesta financiera para el productor que el solo esquema de pastoreo extensivo. Se resalta que los productores de este dominio se encuentran ubicados en zonas de exposición agroclimática media ante déficit hídrico, y en este sentido la implementación tecnológica constituye una estrategia de mitigación de los efectos adversos de una condición de déficit hídrico.

El dominio de recomendación tres está dirigido a productores sin disponibilidad de riego. Son productores pequeños, con una capacidad de carga animal de 1,8 UGG/hectárea.

Dada la cantidad de bovinos por hectárea que manejan los productores de este dominio, se tiene que, para un productor representativo (un productor con ocho hectáreas y trece bovinos), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al establecimiento de pastura y en mínima proporción a la siembra de avena para ensilaje. De manera práctica, se debe disponer de aproximadamente 4,5 ha para establecer pasturas (0,35 ha por cada bovino en proporción) y un área de aproximadamente 0,41 ha, para la siembra de ensilaje (0,032 ha por cada bovino).

Comparando ambos esquemas de producción, se tiene que, bajo el manejo tradicional en un escenario restrictivo por déficit hídrico, los productores tendrían que vender bovinos, dada la imposibilidad de ofrecerles el alimento necesario; mientras que bajo el esquema de manejo mejorado con base en el establecimiento de pastura más ensilaje de avena forrajera, se reduce esta hipotética necesidad de venta de ganado.

Dominio cuatro

Los productores del dominio cuatro se encuentran ubicados en predios con suelos no aptos para la explotación ganadera, sus predios tienen una alta probabilidad de ocurrencia de una condición de déficit hídrico, lo que los ubica en una alta exposición agroclimática ante esta condición deficitaria. Por otra parte, estos sistemas de producción presentan un nivel medio de sensibilidad ante una condición de déficit hídrico, debido a los deficientes esquemas de manejo de especies arvenses y la alta capacidad de carga animal.

Finalmente, la capacidad de adaptación de los productores de este dominio es de grado medio, grado conferido dado a que ellos son propietarios de los predios, aunque no tienen buena disponibilidad de fuentes hídricas para garantizar la producción de alimento, además el acceso a créditos bancarios es limitada (Figura 20).

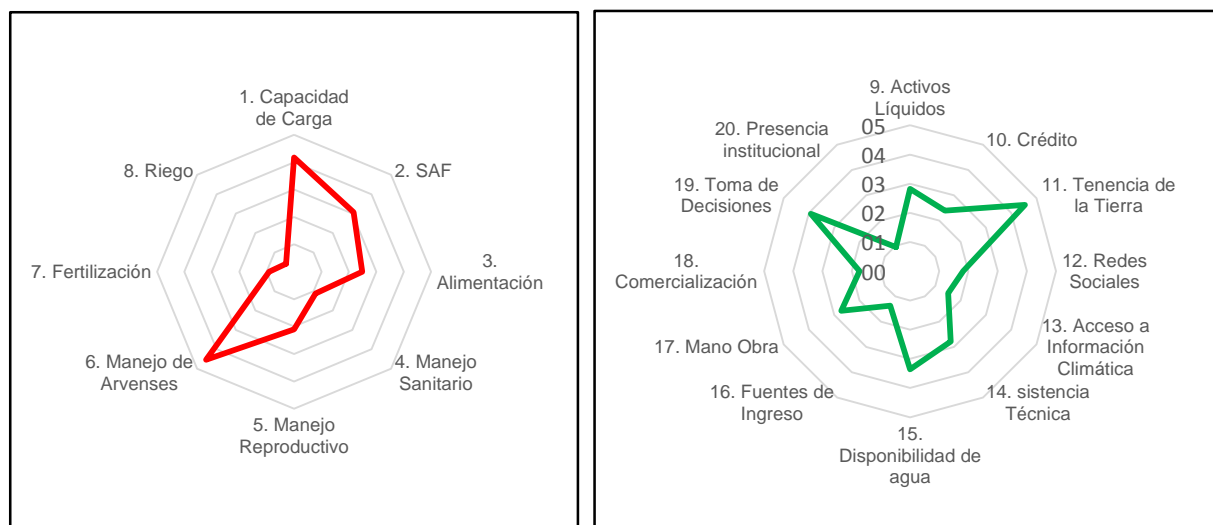


Figura 20. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio cuatro.



El dominio de recomendación cuatro está dirigido a productores sin disponibilidad de riego. Son productores pequeños, con una capacidad de carga animal de 1,8 UGG/hectárea.

La implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al establecimiento de pastura y en mínima proporción a la siembra de avena para ensilaje. En la práctica, se debe disponer de aproximadamente 4,5 ha para el establecimiento de pasturas (0,35 ha por cada bovino en proporción) y un área de aproximadamente 0,41 ha, para la siembra de ensilaje (0,032 ha por cada bovino).

La característica principal de los productores del dominio cuatro es que presentan un grado alto de exposición agroclimática ante déficit hídrico; además, no disponen de riego, por lo que se resalta que la tecnología propuesta es prioritaria y debe ser implementada para mitigar los efectos adversos de una condición de déficit hídrico en el suelo.

Comparando ambos esquemas de producción, se tiene que, bajo el manejo tradicional en un escenario restrictivo por déficit hídrico, los productores tendrían que vender bovinos, dada la imposibilidad de ofrecer a estos el alimento necesario; mientras que bajo el esquema de manejo mejorado con base en el establecimiento de pastura más ensilaje de avena forrajera se reduce esta hipotética necesidad de venta de ganado.



Referencias

- Albarracín, L., & Londoño, C. (2012). *Elaboración de bloques nutricionales*. Tibaitatá: Corpoica.
- Arreaza, L., Reza, S., Medrano, J., Roncallo, B., Mateus, H. (2002). *Guía para la suplementación energético-proteica de bovinos en el trópico* (pág. 29-40). Memorias seminario en alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne en el trópico bajo (Corpoica, Fedegan).
- Arreaza, L., Amado, G., Londoño, C., Ballesteros, D., & Herrera, J. (2012). *Recomendaciones para la fabricación de ensilajes con cereales en climas fríos*. Bogotá: Corpoica, Produmedios.
- Bernal, L. (2005). *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas*. Dirección General de Promoción Agraria. Ministerio de Agricultura. Lima (Perú).
- Blas, G., Mateos, G., y García, P. (2010). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos* (3ª edición). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.
- Bolaños, A., González, B., Apráez, J., & Moncayo, O. (2003). *Nueva variedad mejorada de avena forrajera para la alimentación de bovinos de los sistemas de producción del altiplano de Nariño*. San Juan de Pasto: Corpoica, Comité editorial regional 5 Palmira.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2005). Capítulo 1: *Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera*. pág. 1-10. En: Manual técnico: *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones de caribe y valles interandinos*. Mosquera: Produmedios. 81 p.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2013). *Plan para el manejo de los impactos en el sector agropecuario ocasionados por la emergencia Invernal*. Bogotá: Universidad Tecnológica Pedagógica de Colombia – UPTC, 4D



Elements Consultores y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Sede C.I. Tibaitatá.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015a). Componente 1: *Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos* - Departamento de Boyacá. Mosquera. Cundinamarca. 88 p.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015b). *Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática de pastos para ovinos (Sora), pastos para ganadería de leche (Tibasosa) y coliflor (Paipa)*. 37 p

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2016). *Informe Final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de ganadería doble propósito, municipio de Tibasosa*. Departamento de Boyacá. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático. 16 p.

CPC-NCEP. (2014). *Climate Prediction Center*. Recuperado de <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (1976). *A framework for land evaluation*. Soils bulletin, 32. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gavilanes, C. (2011). Ensilaje una alternativa para la ganadería en Colombia. Revista El Cerealista. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas – FENALCE. Edición No. 98.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mariño, Y. (2006). Evaluación del punto de marchitez permanente bajo condiciones de invernadero como variable para la asignación de clones de *Gmelina arborea* (Roxb) a sitios potenciales de plantación (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Biología.



- Mancilla, L. (2002). *Suplementación estratégica de los bovinos a pastoreo*. Universidad Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora, Venezuela Bovina. Consulta 12 agosto de 2015. www.produccion-animal.com.ar.
- Mejía, S., Cuadrado, H., Rivero, T. (2013). *Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región caribe colombiana*. Corpoica.
- National Research Council (NRC). (2001). *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. 7 rev. ed. Washington, DC., USA. National Academy Press. 381 p. Recuperado de <http://books.nap.edu/html/dairymodel/>. Consulta 30 de junio de 2015.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza. Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. Department of Commerce. Res. Paper, (45) 58.
- Pérez, C., & Adonis, P (Editores) (2012). *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales*. Recuperado de <http://bit.ly/29P68Zg>.
- Pezo, D & Ibrahim, M. (1998). *Sistemas silvopastoriles*. Módulo de Enseñanza Agroforestal No.2. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 258 p.
- Reza, G., Mejía, K., Cuadrado, C., Torregroza, S., Jiménez, M., Espinosa, C., Suárez, P., Pastrana, V., Novoa, Y., Palencia, C. (2011). *Experiencia en la implementación de modelos intensivos de producción de carne en pasturas fertirrigadas en el valle del Sinú*. Boletín técnico CORPOICA. ISBN: 978-958-740-062-5. 40 p.
- Rivero, T., Salcedo, E., Gómez, W. (2013). *Elaboración de bloques multinutricionales (BMN) para la alimentación de rumiantes de la región caribe*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria – Corpoica. 28 p.
- Sánchez, L., Mejía, S., Jiménez, F., Echeverri, J., Jaramillo, F. (2002). *Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico bajo*. (Pág. 20 -27). Memorias seminario alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne en el trópico bajo. Corpoica, FEDEGAN.



- Sánchez, J. (2007). *Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero*. Conferencia presentada el día 13 de abril de 2007 en el XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela.
- Sánchez, L., Londoño, C., Castillo, J., Benavides, J., Torres, D., Albarracín O. (2013). *Renovación de praderas degradadas en sistemas de producción lechera del trópico alto*. Bogotá (Colombia). Corpoica.
- Sánchez, L., Londoño, C., Benavides, J., Castillo, J., Torres, D. (2013a). *Recuperación de suelos y renovación de praderas en sistemas de producción de leche especializada de trópico alto*. Corpoica.
- Sansoucy, R. (1989). *Los bloques de melaza-urea como suplemento multivituyente para rumiantes*. Taller de Fundación Internacional para la Ciencia sobre la Melaza como Recurso para la Alimentación Animal (La Habana) Cuba. 13 p. (Mimeo).
- Uribe, F., Zuluaga, A., Murgueitio, E., Valencia, L., Zapata, A., Solarte, L., et al. (2011). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Manual 1. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 78 p.
- Zalapa, A. (2011). Balanceo de raciones a mínimo costo. Michoacán, México. http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/36-Balanceo.pdf- Consultado el 15 de noviembre de 2015.

Anexo 1. Balanceo de nutrientes según las tablas de requerimientos para vacas Holstein en producción de las fórmulas de la National Research Council (NRC, 2001). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito. Tibasosa (Boyacá).

Balanceo de nutrientes para vacas lactantes (pasturas + suplemento energético-proteico)	Materia seca (%)	Balance de nutrientes vaca 03	Materia seca (%)	Balance de nutrientes vaca 07
Peso vaca (kg)		467		394
Producción de leche (kg/día)		12		9
Grasa en leche (%)		3,5		3,5
Proteína en leche (%)		3		3
Requerimientos de materia seca (kg MS)	13,79725		11,609948	
Requerimiento mantenimiento (ENm Mcal)		8,03		7,07
Energía de producción de leche (EN Mcal)		8,17		6,13
Requerimiento energía neta total (ENL Mcal)		16,2		13,2
Contenido energía pasturas (Mcal/kg MS)		1,14		1,14
Aporte de energía pasturas Mcal/kg MS	8,580	9,781	7,800	8,892
Consumo Ms energía total forrajes (Mcal)	10,260	12,637	9,480	11,748
Balance (MS kg) Energía (ENL Mcal)	-3,537	-6,371	-2,130	-3,818
Suplemento (kg MS/ENL Mcal)	3,54	-1,801	2,130	-1,793
Requerimiento PC mantenimiento (g)		349,0439		318,2598
Requerimiento PC lactancia (g)		1008,13		756,09
Requerimiento PC total (g)		1357,17		1074,35
Contenido pasturas PC (g/kg MS)		78,5		78,5
Aporte pastura MS kg/PC (g)	8,58	673,53	7,80	612,30
Aporte forrajes MS kg/PC (g)	10,26	841,53	9,48	780,30
Balance MS kg/proteína PC (g)	-3,54	-515,64	-2,13	-294,05
Suplemento (MS kg) Concentración PC (g/kg MS)	3,54	145,77	2,13	138,06
Requerimiento calcio mantenimiento (g)		18,68		15,76
Requerimiento calcio lactancia (G)		35,64		26,73
Requerimiento calcio total (g)		54,32		42,49
Contenido pasturas Ca (g/kg MS)	3,1	26,598	3,1	24,18
Aporte forrajes MS kg/Ca (g)	10,26	31,638	9,48	29,22
Balance MS Kg/calcio (g)	-3,54	-22,68	-2,13	-13,27
Suplemento (MS kg) Concentración Ca (g/kg MS)	3,54	6,41		6,23
Requerimiento fósforo mantenimiento (g)		13,83		11,71
Requerimiento fósforo lactancia (g)		21,9516		16,4637
Requerimiento fósforo total (g)		35,7835		28,1786
Contenido pasturas P (g/kg MS)	1,2	10,296	1,2	9,36
Aporte forrajes MS kg/P (g)	10,260	15,504	9,480	14,568
Balance MS kg/fósforo (g)	-3,537	-20,2795	-2,13	-13,6106
Suplemento (MS kg) Concentración P (g/kg MS)	3,537	5,7331	2,13	6,39011

Fuente: Corpoica (2016).



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingrese por:

www.corpoica.org.co » sección Microsites » Link MAPA Pestaña Sistema Experto

<http://www.corpoica.org.co/site-mapa/sistexp>