



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

**Municipio de Patía
Departamento del Cauca**



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Septiembre 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	
Elizabeth Lagos Burbano	Profesional de apoyo a la investigación
Michael López Cepeda	Profesional de apoyo a la investigación
Housseman Steven Ramos Zambrano	Profesional de apoyo a la investigación
Luis Fernando Gómez Gil	Investigador Ph. D.
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster



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. Obonuco, Pasto (Nariño) que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado del sistema productivo ganadería bovina de doble propósito.

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
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito .	3
Sección 1. Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Patía	4
Exposición del sistema de ganadería bovina de doble propósito a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Patía	10
Zonas con mayor y menor riesgo de pérdida productiva en el sistema de ganadería bovina doble propósito en el municipio de Patía	15
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	21
Sección 2. Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de la ganadería bovina doble propósito en condiciones de déficit hídrico del suelo en Patía	23
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas implementadas.....	41
Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo bovino doble propósito por condiciones restrictivas de humedad en el suelo en Patía .	44
Sección 3. Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores bovinos de Patía	51
Dominio de recomendación	51
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos.....	51



Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en el municipio de Patía	52
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación en el sistema de ganadería de doble propósito en el municipio de Patía	53
REFERENCIAS	60



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en Patía (Cauca), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas del municipio de Patía (Cauca). a. Subzonas hidrográficas. b. Altitudes. c. Paisaje.	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el periodo 1980-2011, en el municipio de Patía.	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para el pasto angleton en Patía.	12
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el pasto angleton en condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en las ventanas de análisis I (junio-agosto) y II (octubre-diciembre) en Patía. Fuente: Corpoica (2015b).	14
Figura 6. Aptitud agroclimática del suelo para el pasto angleton en condición de déficit hídrico. Ventana de análisis I (junio-agosto), municipio de Patía.	19
Figura 7. Aptitud agroclimática del suelo para el pasto angleton en condición de déficit hídrico. Ventana de análisis II (octubre-diciembre), municipio de Patía.	20
Figura 8. Balance hídrico atmosférico entre diciembre de 2015 y agosto de 2016 en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, ubicada en Patía.	24
Figura 9. Balance hídrico agrícola entre los meses de diciembre del 2015 y junio del 2016 en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía.	25
Figura 10. Recolección y molienda del fruto de caña fistula (<i>Cassia fistula</i>). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito, Patía (Cauca).	27
Figura 11. Bloque multinutricional con inclusión del fruto de caña fistula. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito, Patía (Cauca).	28



Figura 12. Materias primas para la elaboración de los bloques multinutricionales. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía.....	28
Figura 13. Adición de melaza en la elaboración de los bloques multinutricionales. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía.....	29
Figura 14. Elaboración de bloques multinutricionales. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía (Cauca).....	30
Figura 15. Distribución espacial de las especies herbáceas, arbustivas y leñosas en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en Patía.....	32
Figura 16. Ahoyado del lote e incorporación de materia orgánica para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina doble propósito, municipio de Patía.....	33
Figura 17. Primer pastoreo del pasto guinea. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina doble propósito, municipio de Patía.....	34
Figura 18. Cercado de árboles. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía. Fuente: Corpoica (2016).....	34
Figura 19. Poda de formación de los árboles. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía. Fuente: Corpoica (2016)...	35
Figura 20. Adecuación de bebederos con tanques plásticos. Parcela de integración sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía.....	36
Figura 21. Promedio multianual de la precipitación y evapotranspiración para el periodo 1980-2011. Estación “Fonda la Citec”, municipio de Patía.....	37
Figura 22. Motor de succión para el funcionamiento del sistema de riego por aspersión usado en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en el municipio de Patía. Fuente: Corpoica (2016).....	39
Figura 23. Instalación del sistema de riego por aspersión en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía.....	40



Figura 24. Uso del sistema de riego por aspersión en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía.	40
Figura 25. División de parcelas o sub potreros en praderas con pasto angleton.	47
Figura 26. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 1. Sistema de ganadería bovina doble propósito del municipio de Patía.	54
Figura 27. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2. Sistema de ganadería bovina de doble propósito del municipio de Patía.	56
Figura 28. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 3. Sistema de ganadería doble propósito del municipio de Patía.	57
Figura 29. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 4. Sistema de ganadería doble propósito del municipio de Patía.	58



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación durante los eventos de El Niño en Patía para el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación durante los eventos de La Niña en Patía para el periodo 1980-2011.....	9
Tabla 3. Coeficiente de cultivo Kc para pastos de pastoreo.....	38
Tabla 4. Valores de CC, PMP y pa teóricos.....	38
Tabla 5. Relación de los resultados productivos para dos esquemas de manejo del sistema de ganadería doble propósito en la parcela de integración ubicada en Patía.....	42
Tabla 6. Comparación de variables de productividad para un esquema de pastoreo tradicional y uno con renovación de pradera en la parcela de integración de ganadería doble propósito, Patía.....	43
Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de ganadería de doble propósito en el municipio de Patía.....	53



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 sustentan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes de los sistemas productivos y contribuye a la reducción de su vulnerabilidad en el mediano y el largo plazo. Igualmente, constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnologías a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que tienen 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 de 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 agricultores y ganaderos, e integrar experiencias y conocimientos sobre estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. El Fondo Adaptación priorizó en el departamento del Cauca el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en el municipio de Patía.

Este 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 a condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico, en el municipio de Patía, departamento del Cauca.



OBJETIVOS

Objetivo general

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

Objetivos específicos

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

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

El riesgo agroclimático (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por su exposición, la sensibilidad de la especie al estrés hídrico y 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 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 frente a 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.

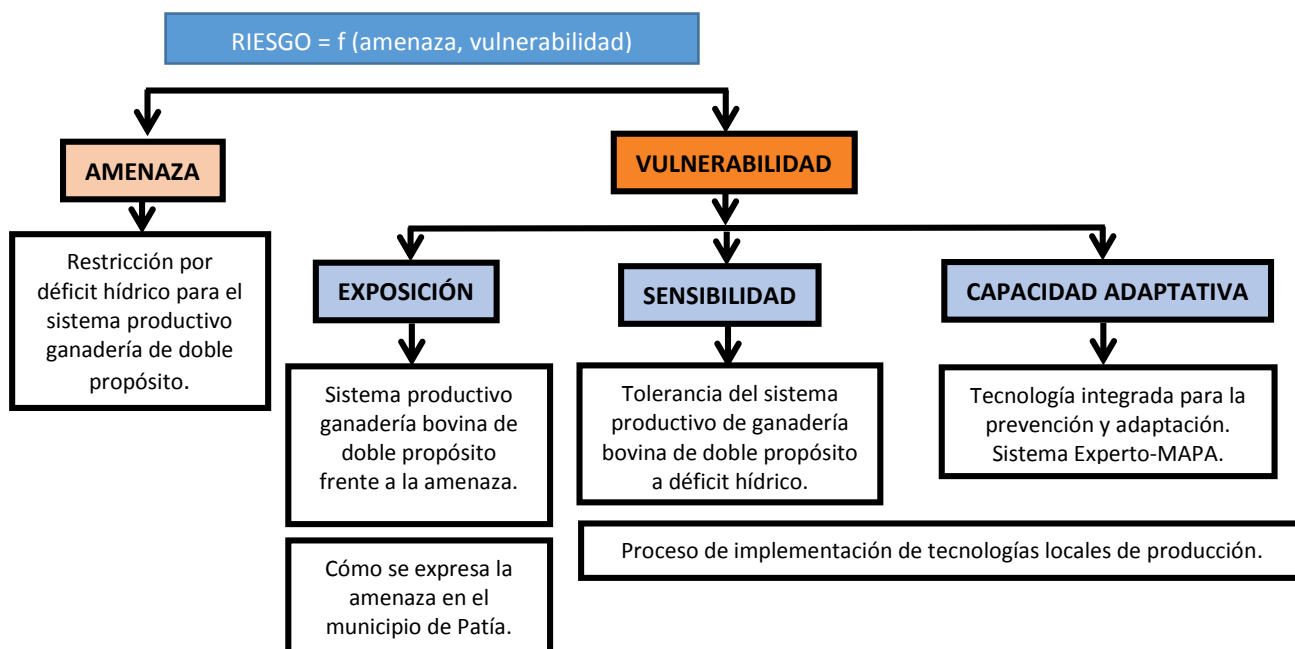


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en Patía (Cauca), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.



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 que influye en el departamento, dicha variabilidad 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 Patía

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, sequías y temperaturas excesivamente altas o bajas que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

El municipio de Patía se ubica en las sub-cuencas de los ríos Guachicono y Patía Alto. Respecto a la distribución altitudinal, al noroeste del municipio se encuentran los niveles mayores, 1.000 y 2.500 msnm; en la zona central y en la zona sur del municipio altitudes

entre los 500 y 1.000 msnm, y hacia el noreste altitudes entre 1.000 y 1500 msnm. La diversidad de rangos altitudinales tiene como consecuencia diferentes riesgos agroclimáticos para el municipio.

Hacia el noroeste de Patía se presenta paisajes de montaña que abarcan 39,6 % del área del municipio, hacia el centro y suroeste de Patía predominan los paisajes de valle con 26,1 %; mientras que hacia el este y sureste predominan los paisajes de lomerío, abarcando 33,3 % del área total del municipio.

En las zonas donde se presentan paisajes de montaña y lomeríos la dinámica de aguas por escorrentía puede aumentar la susceptibilidad territorial a inundaciones y encharcamientos bajo condiciones de excesos de lluvias (figura 2) (Corpoica, 2015a).

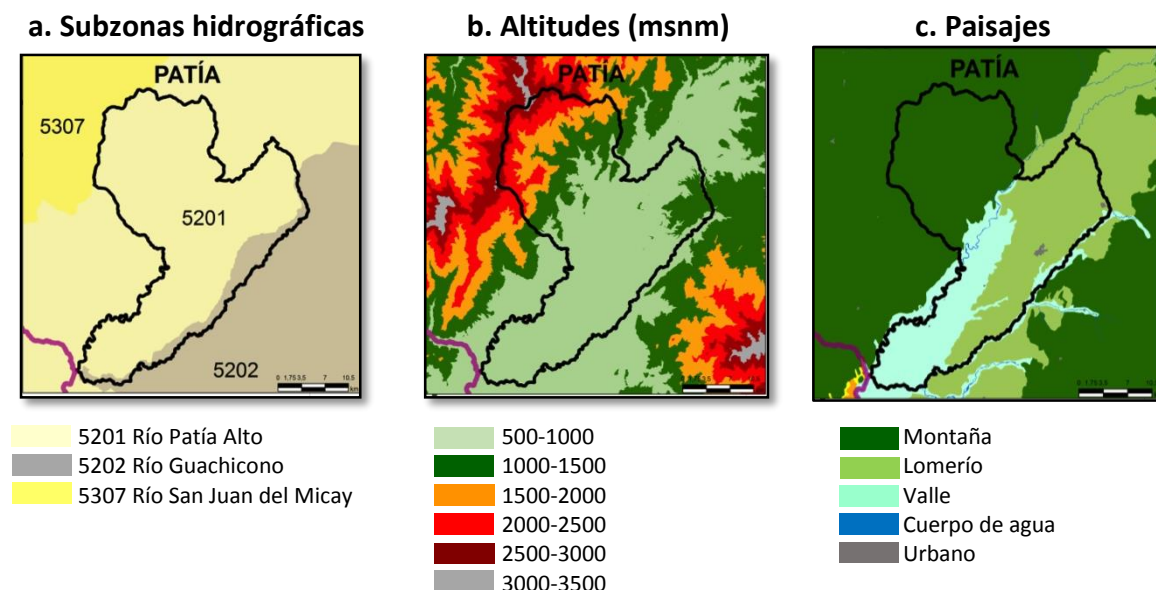


Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas del municipio de Patía (Cauca). a. Subzonas hidrográficas. b. Altitudes. c. Paisaje.

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 las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente los fenómenos. Esto permitiría, por ejemplo, reconocer la intensidad y frecuencia de eventos de exceso o reducción de lluvias asociados a *El Niño*-Southern Oscillation (ENSO) e identificar áreas con mayor o menor fluctuación de variables meteorológicas. De la información empleada para el análisis climático del municipio de Patía se destaca:

Precipitación

La figura 3 muestra la dinámica de precipitación para el municipio de Patía, la línea verde representa la precipitación promedio multianual y las barras rojas y azules la precipitación durante los eventos de variabilidad asociados a ENSO: *El Niño* (2009-2010) y *La Niña* (2010-2011) (Corpoica, 2015a).

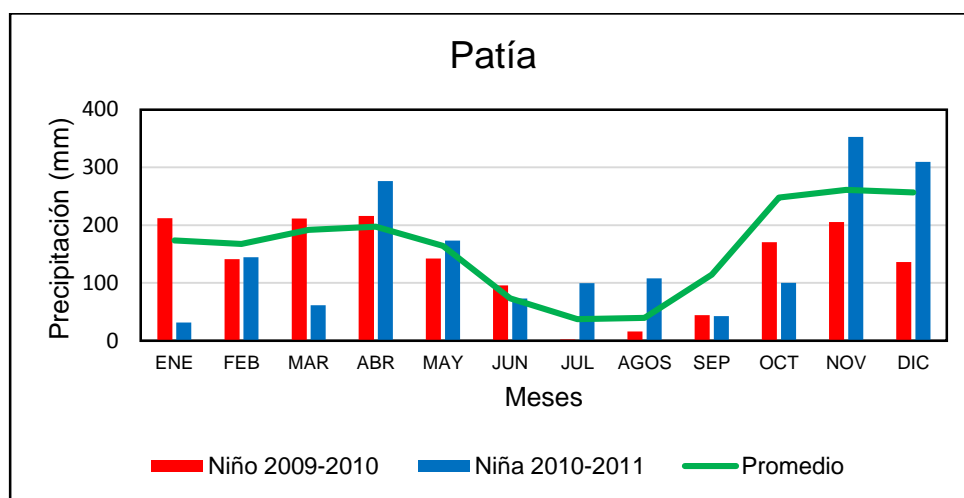


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el periodo 1980-2011, en el municipio de Patía.
Fuente: Corpoica (2015a).

Anualmente en Patía se registran en promedio 1.835 mm de precipitaciones, con valores máximos en abril y noviembre, y mínimos en julio. El periodo en el que se presentaron las menores precipitaciones fue entre los años 2009 y 2010 con una reducción del 32 % respecto al promedio multianual. Por otra parte, las mayores precipitaciones registradas

fueron durante los años 2010-2011, periodo en cual se incrementaron las lluvias en un 53 % con respecto al promedio multianual.

Cabe destacar que las principales anomalías en las precipitaciones durante *La Niña* (aumento de lluvias con respecto al promedio multianual) se presentaron en los meses de abril, julio, agosto, noviembre y diciembre del 2011, mientras que durante *El Niño* (disminución de lluvias con respecto al promedio multianual) en los meses de julio, junio, agosto, septiembre, octubre y diciembre del 2009.

Valor del índice oceánico El Niño (ONI) y anomalías climáticas en eventos de *El Niño* o de *La Niña*

El ONI permite determinar qué tan fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como *El Niño* o *La Niña*. El conocimiento de este índice debe considerar lo siguiente:

- a. 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). Igualmente, 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 de forma consecutiva por cinco meses, se trata de un evento de *La Niña*¹.
- b. El valor de la anomalía de las lluvias indica en qué porcentaje aumenta o disminuye la precipitación y está relacionado con los valores del índice ONI. Por lo general, valores positivos del ONI están asociados con disminuciones de lluvia y los negativos con aumentos.

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). Esta información es útil ya que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio.

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://bit.ly/29LNC2H>.

En Patía se registraron anomalías negativas o reducción de lluvias en siete de los nueve eventos *El Niño*, siendo en su mayoría reducciones superiores al 15% con respecto al promedio, lo cual evidencia la influencia de los eventos *El Niño* en el municipio. Para el periodo comprendido entre mayo del 1993 y marzo del 1994, el valor máximo ONI fue de 1,3, la disminución de las lluvias fue hasta de un 27 % con respecto al promedio multianual y la duración de 11 meses, lo que indica que este evento *El Niño* fue de mayor intensidad en comparación con el presentado entre junio del 2004 y abril del 2005 en donde el valor ONI fue de 0,9 y el aumento en las lluvias fue del 4 % (tabla 1).

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación durante los eventos de El Niño en Patía para el periodo 1980-2011

Periodo	Inicio	May. 1982	Ago. 1986	May. 1991	May. 1993	May. 1997	May. 2002	Jun. 2004	Ago. 2006	Jul. 2009
	Fin	Jun. 1983	Feb. 1988	Jun. 1992	Mar. 1994	May. 1998	Mar. 2003	Abr. 2005	Ene. 2007	Abr. 2010
Duración		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		0 %	-20 %	-24 %	-27 %	-19 %	-25 %	4 %	-7 %	-32 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Durante los eventos *La Niña* se observa que el ocurrido entre julio del 2010 y abril del 2011 fue en el que se registró las más intensa anomalía positiva (aumento de lluvias) en el municipio de Patía con un 53 %, además tuvo un valor mínimo ONI de -1,4 y una duración de 10 meses. Por otra parte, bajo este evento también se presentó un comportamiento intenso pero contrario entre octubre del 2000 y febrero del 2001, en el cual el valor ONI fue de -0,7 y hubo disminución en las lluvias (anomalía negativa) del 36% (tabla 2).

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

Periodo	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
Máximo valor ONI		-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía		-4 %	10 %	15 %	37 %	-36 %	30 %	53 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Se debe considerar que 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 afectación de la capacidad fotosintética de cubiertas vegetales, analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado; la susceptibilidad a inundación, durante el período 2010-2011; la susceptibilidad biofísica a inundación, 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.

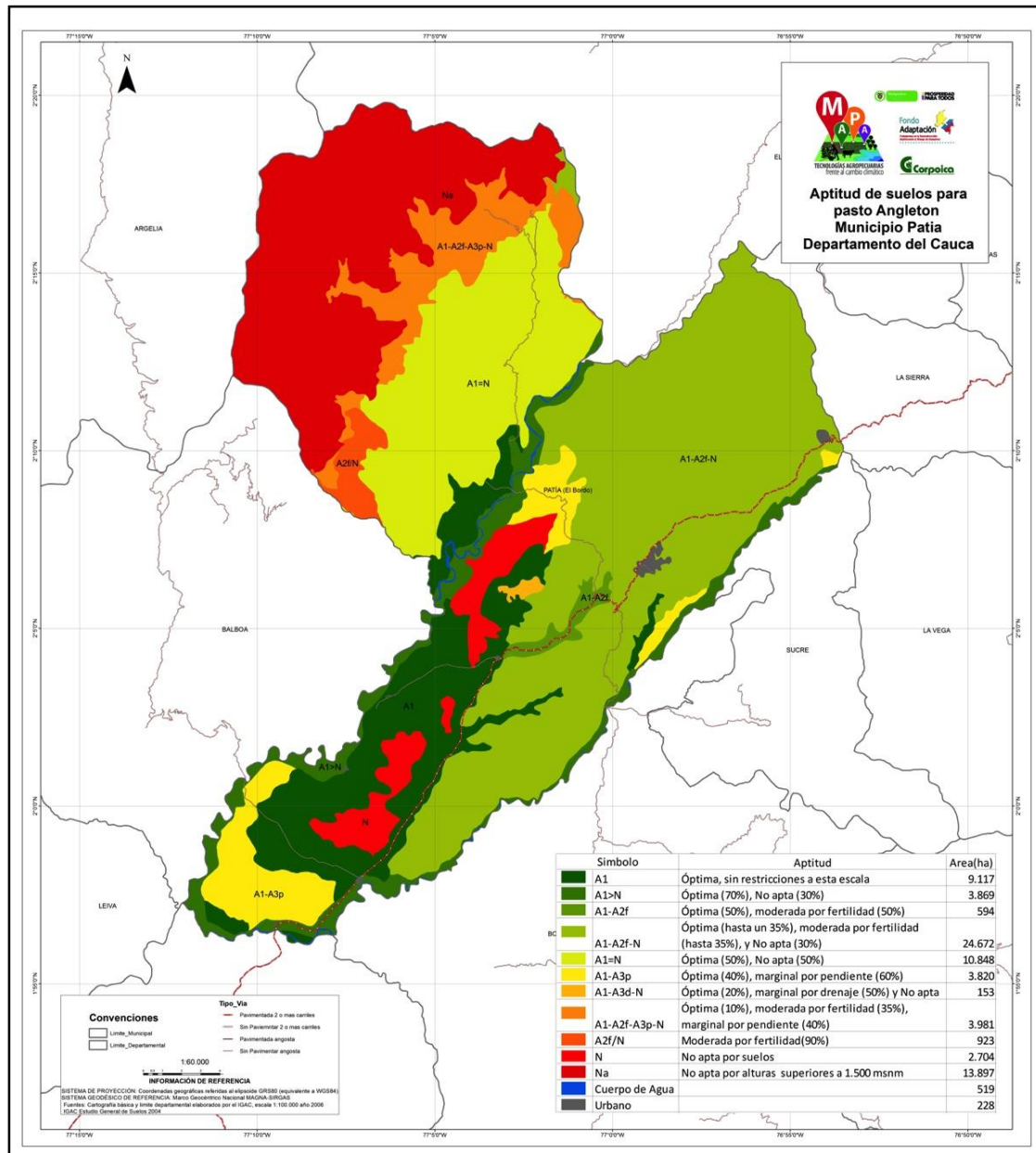
Exposición del sistema de ganadería bovina de doble propósito a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Patía

El sistema de ganadería bovina doble propósito basa su alimentación en la producción de las praderas, las cuales se encuentran expuestas a limitantes por características de suelo (físicas y químicas) y, por las condiciones climáticas y su variabilidad. La exposición de las praderas a estas características varía en el tiempo y de acuerdo a 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 del pasto angleton (*Dichanthium aristatum*), pastura base del sistema de ganadería bovina de doble propósito de Patía.

Para evaluar la exposición de las praderas se utiliza el mapa de aptitud de suelos, las ventanas temporales de análisis y el mapa de escenarios agroclimáticos con el fin de identificar las limitaciones de los suelos y los lugares en los que se encuentran las especies de pastos, las condiciones de humedad en el suelo y la probabilidad de ocurrencia de condiciones de déficit hídrico en el periodo de establecimiento del pasto angleton.

a. En el mapa de aptitud de suelos se identifican, siguiendo la metodología de la FAO (1976), las limitaciones de los suelos en Patía y en dónde están establecidos o se establecerán las especies forrajeras. Es importante tener en cuenta que algunas limitaciones en los suelos pueden manejarse con relativa facilidad, por ejemplo mediante la fertilización o aplicación de enmiendas; mientras que otras no pueden modificarse, tales como altitud, pendientes excesivamente inclinada y texturas. La escala de análisis espacial es 1:100.000 (figura 4).



Símbolo	Aptitud	Área(ha)
A1	Óptima sin restricciones a esta escala.	9.117
A1>N	Óptima (70%) y no apta (30%).	3.869
A1-A2f	Óptima (50%) y moderada por fertilidad (50%).	594
A1-A2f-N	Óptima (hasta un 35%), moderada por fertilidad (hasta 35%) y no apta (30%).	24.672
A1=N	Óptima (50%) y no apta (50%).	10.848
A1-A3p	Óptima (40%) y marginal por pendiente (60%).	3.820
A1-A3d-N	Óptima (20%), marginal por drenaje (50%) y no apta.	153
A1-A2f-A3p-N	Óptima (10%), moderada por fertilidad (35%) y marginal por pendiente (40%).	3.981
A2f/N	Moderada por fertilidad (90%).	923
N	No apta por suelos.	2.704
Na	No apta por alturas superiores a 1.500 msnm.	13.897
Cuerpo de agua		519
Urbano		228
Total		75.325

Figura 4. Aptitud de uso de suelos para el pasto angleton en Patía.

Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta: El Patía el área con aptitud potencial para cultivo de pasto angleton es superior a la mitad del área municipal. De estas, se estiman 28.138 ha (alrededor del 37 % del total del municipio) sin restricciones para el establecimiento de este pasto. Adicionalmente, un 15 % del municipio (11.156 ha) presenta aptitud moderada, por condiciones de acidez y contenidos de aluminio moderadamente altos.

Los suelos con aptitud marginal para pastos están restringidos por pendiente, por lo cual podría presentar un riesgo de degradación por erosión. No obstante, en estos suelos el pasto podría implementarse asociado a otros sistemas productivos (agro-silvo-pastoril).

Las zonas determinadas como no aptas corresponden a cerca del 42 % del municipio (31.322 ha aproximadamente) y sus principales limitaciones son la pendiente, la profundidad efectiva y la altitud superior a la tolerada por el pasto angleton (figura 4).

b. En las ventanas temporales de análisis se identifican las condiciones de humedad del suelo para pastos y forrajes en el sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito. El análisis se estableció en función del pasto angleton, el cual es usado ampliamente para la alimentación del ganado en Patía. Teniendo en cuenta que la actividad

ganadera se desarrolla de forma continua en el año, los meses establecidos en las ventanas de análisis correspondieron a octubre-diciembre (época de baja precipitación) y junio-agosto (época de alta precipitación).

c. En los mapas de escenarios agroclimáticos se determina la probabilidad de ocurrencia de condiciones de déficit hídrico durante el establecimiento de pasto angleton. En la figura 5 la probabilidad baja corresponde al tono verde, media al tono amarillo y alta al tono naranja. Estos valores de probabilidad se presentan según el índice de Palmer (1965)² y de acuerdo a los meses o periodos de ocupación y descanso de los potreros.

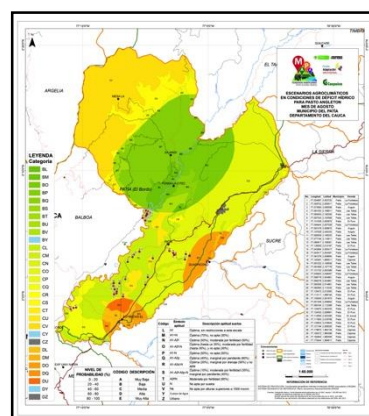
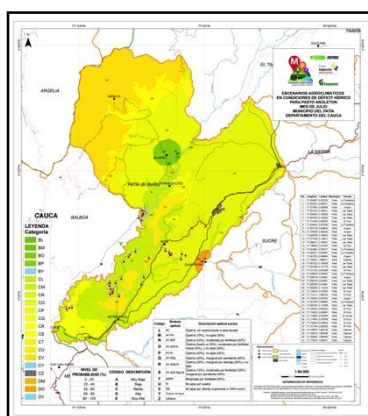
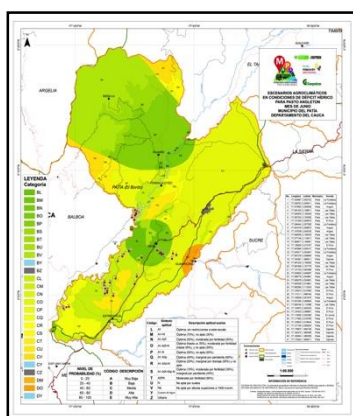
El déficit de agua en el suelo tiene un mayor impacto en ciertas etapas de desarrollo de los pastos, así mismo se expresan en mayor grado en partes específicas del territorio, por lo tanto es importante saber en qué época y en qué sectores del municipio es más probable que una condición restrictiva ocurra.

Ventana de análisis I

Junio

Julio

Agosto



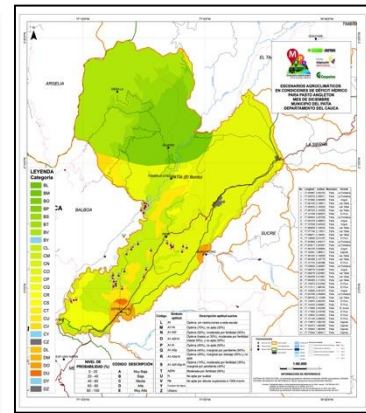
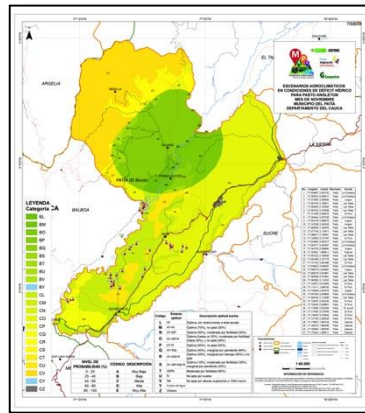
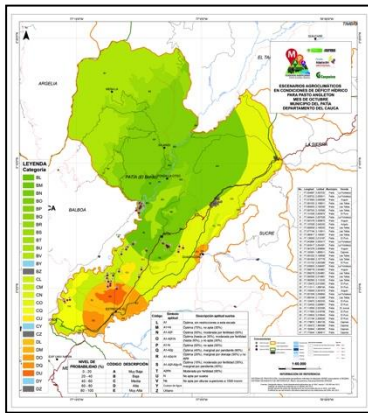
² El Índice de Palmer mide la duración e intensidad de un evento de sequía a partir de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo.

Ventana de análisis II

Octubre

Noviembre

Diciembre



LEYENDA
Categoría

CL	CM
BL	CN
BM	CO
BN	CP
BO	CQ
BP	CR
BQ	CS
BR	CT
BS	CU
BT	CV
BU	CY
BV	CZ
BY	DL
BZ	DM
	DO
	DQ
	DU

NIVEL DE PROBABILIDAD (%)	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
0-20	A	Muy baja
20-40	B	Baja
40-60	C	Media
60-80	D	Alta
80-100	E	Muy alta

Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud de suelos
L	A1	Óptima, sin restricciones a esta escala.
M	A1>N	Óptima (70 %) y no apta (30 %).
N	A1-A2f	Óptima (50 %) y moderada por fertilidad (50 %).
O	A1-A2f-N	Óptima (hasta un 35 %), moderada por fertilidad (hasta 35 %) y no apta (30 %).
P	A1=N	Óptima (50 %) y no apta (50 %).
Q	A1-A3p	Óptima (40 %) y marginal por pendiente (60 %).
R	A1-A3d-N	Óptima (20 %), marginal por drenaje (50 %) y no apta.
S	A1-A2f-A3p-N	Óptima (10 %), moderada por fertilidad (35 %) y marginal por pendiente (40 %).
T	A2f/N	Moderada por fertilidad (90 %).
U	N	No apta por suelos.
V	Na	No apta por alturas superiores a 1.500 msnm.
Y	Cuerpo de agua	
Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el pasto angleton en condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en las ventanas de análisis I (junio-agosto) y II (octubre-diciembre) en Patía. Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta: para la totalidad del periodo de las ventanas de análisis es posible identificar un área hacia el sur oriente del municipio (Guachicono) en la que persisten probabilidades superiores al 60% de deficiencias hídricas extremas en el suelo, es decir, en general predomina una probabilidad media y baja de deficiencia hídrica extrema para angleton (figura 5).

Zonas con mayor y menor riesgo de pérdida productiva en el sistema de ganadería bovina doble propósito en el municipio de Patía

Para determinar cuáles son las zonas con mayor riesgo de pérdida productiva debe tenerse en cuenta la información anterior, zonificación según variables biofísicas y exposición del sistema productivo a amenazas derivadas de la variabilidad climática ; observando además los mapas de aptitud agroclimática de Patía para ambas ventanas de estudio (figura 6 y figura 7).

Estas figuras presentan la aptitud agroclimática del pasto angleton en condiciones restrictivas con baja y alta exposición a déficit hídrico en el suelo. La escala de análisis espacial es 1:100.000.

Teniendo en cuenta la matriz de calificación de la aptitud agroclimática del municipio de Patía bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico para el pasto angleton, se identificaron las siguientes categorías.

Nicho productivo óptimo o con leves restricciones

- Para la ventana junio-agosto el área que ocupa el nicho corresponde al 0,1 % (aproximadamente 41 ha) del municipio y se ubica en el centro de este (figura 6).
- Para la ventana octubre-diciembre el área que ocupa el nicho corresponde al 1,1 % (aproximadamente 844,48 ha) y se ubica en el centro del municipio (figura 7).

Estas áreas presentan suelos óptimos y con aptitud moderada por condiciones de acidez y contenidos de aluminio moderadamente altos. La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico para el cultivo se encuentra por debajo del 60%.

En estas condiciones, en la escala temporal de evaluación (mensual), lo más probable es que la humedad del suelo esté próxima a la capacidad de campo, condición que sugiere procesos de rotación de las pasturas.

En condiciones de déficit hídrico, desde el punto de vista biofísico, estas áreas son recomendables para establecimiento de angleton y manejo de otras especies pecuarias, y requerirían una menor inversión en adecuación de tierras, manejo de suelo y gestión del agua.

Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y conservación de suelos

Este nicho ocupa una área que corresponde al 19,4 % (aproximadamente 14.592,11 ha) del municipio y, se ubica en el centro y norte de este (figura 6).

Esta área presenta suelos óptimos y con aptitud moderada a marginal por pendiente, condiciones de acidez y contenidos de aluminio moderadamente altos. La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico para el cultivo es menor al 60 %. Al igual que en el nicho anterior, lo más probable es que la humedad del suelo esté próxima a la capacidad de campo, por lo que también es pertinente procesos de rotación de las pasturas. Estas áreas pueden emplearse para el cultivo de pasturas si se aplican frecuentemente prácticas de corrección de pH con el fin de mejorar la aptitud a mediano y largo plazo, y se realizan prácticas de conservación en pendientes mayores al 50 %.

Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a deficiencias hídricas

Para las dos ventanas de análisis se identificó:

- Ventana junio-agosto: área que ocupa el 12 % (aproximadamente 9071,11 ha) del municipio (75.325,81 ha), ubicada en el centro y norte del municipio (figura 6).
- Ventana octubre-diciembre: área que ocupa el 11 % (aproximadamente 8267,89 ha) del área total del municipio (75.325,81 ha) se ubica hacia el centro y norte del municipio (figura 7).

Estas áreas presentan suelos óptimos y con aptitud moderada a marginal por pendiente, condiciones de acidez y contenidos de aluminio moderadamente altos. La probabilidad de

ocurrencia de déficit hídrico en el suelo para el cultivo es menor al 60 % en la mayoría de los meses de la ventana de análisis.

Hay mayor amenaza por pérdida de rendimientos debido a que las inminentes deficiencias hídricas podrían ocasionar, muerte de tejidos y daños permanentes principalmente en las etapas desarrollo vegetativo o épocas de descanso. Adicionalmente la acción de plagas asociadas a deficiencias de agua compromete la cantidad y calidad de biomasa disponible para los animales.

Bajo condiciones de deficiencias hídricas extremas en el suelo el uso de estas áreas debe restringirse debido a la mayor probabilidad de efectos negativos sobre sanidad, fisiología y productividad de las especies de pasturas. Sin embargo estas limitantes podrían mitigarse mediante inversiones en infraestructura de riego, mejora genética (buscando genotipos más tolerantes al déficit hídrico y a la presión de plagas) y diseño de planes de manejo integrado de plagas a nivel local.

Áreas condicionadas a prácticas de manejo y conservación de suelos y con alta exposición a déficit hídrico

- Para la ventana junio-agosto esta área corresponde al 64,9 % (aproximadamente 48.858,06 ha) del municipio y se ubica en el centro y norte de Patía (figura 6).
- Para la ventana octubre-diciembre esta área corresponde al 45,5 % (aproximadamente 134.265,95 ha) del municipio y también se ubica en el centro y norte de Patía (figura 7).

Estas áreas presentan suelos con aptitud moderada a marginal por pendiente y, condiciones de acidez y contenidos de aluminio moderadamente altos. La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo para el cultivo es menor al 60 % en la mayoría de los meses de las ventanas de análisis. Sin embargo, en las etapas de desarrollo vegetativo o épocas de descanso, existe amenaza de pérdida de rendimientos debido a que las deficiencias hídricas podrían ocasionar muerte de tejidos y daños permanentes.

Bajo condiciones de deficiencias hídricas extremas en el suelo, el uso de estas áreas debe restringirse debido al aumento en la probabilidad de los efectos negativos sobre la sanidad, la fisiología y la productividad de las pasturas. Sin embargo, estas limitaciones podrían

mitigarse mediante inversiones en infraestructura de riego, mejora genética a través de genotipos más tolerantes al déficit hídrico y, a la presión de plagas y diseño de planes de manejo integrado de plagas a nivel local.

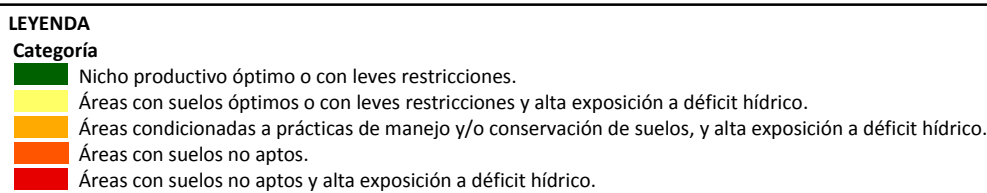
Áreas con suelos no aptos

- Para la ventana octubre-diciembre esta área corresponde al 0,6 % (aproximadamente 439,62 ha) del municipio (figura 7) y se encuentran limitada en su mayoría por pendiente, profundidad efectiva y altitud superior a la tolerada por el pasto angleton.

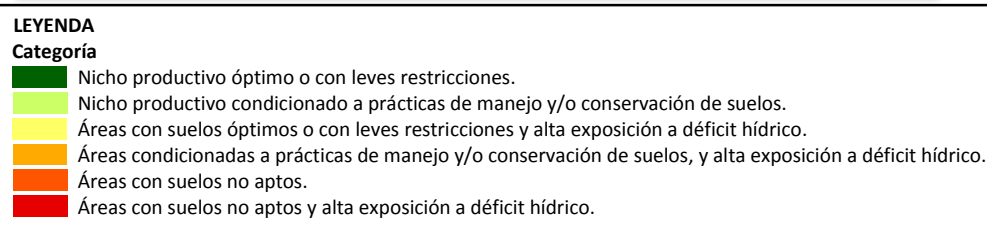
Área con suelos no aptos y alta exposición a exceso hídrico

- Para la ventana junio-agosto esta área ocupa el 13,4 % (aproximadamente 10.831,97 ha) del municipio y se encuentra ubicada al norte de Patía (figura 6).
- Para la ventana octubre-diciembre esta área ocupa el 22,5 % (aproximadamente 16.915,76 ha) del municipio y se encuentra ubicada al noroccidente de Patía (figura 7). Son áreas no recomendadas para el cultivo de angleton debido a fuertes limitaciones por altitud, pendientes, profundidad efectiva y altas probabilidades (mayores al 60 %) de deficiencias hídricas.

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



19



20



Para mayor información sobre la aptitud agroclimática del suelo para el pasto angleton en Patía, consulte el sistema experto 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 forrajeros) con la climatología de cualquier área, con el fin de mejorar 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. La *Guía de prácticas agrometeorológicas*, de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011), indica que la información que debe proporcionarse a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente.

- Datos referidos al estado de la atmósfera (clima), obtenidos mediante una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo, que contemple seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Rendimiento de praderas efectuando seguimiento del desarrollo y crecimiento de los pastos y forrajes.
- Prácticas agrícolas y de manejo empleadas tales como labores culturales, control de plagas, de enfermedades y de malezas, aforos, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura ya que los eventos extremos que afectan el desarrollo de los forrajes. Entre estos se encuentran los excesos y déficit de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal de los periodos de crecimiento, épocas de siembra y 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 (temperaturas máxima, mínima y media; precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del sistema productivo y principalmente en etapas críticas; y se pueden relacionar con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos (Pérez & Adonis, 2012).³

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>.



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

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas con potencial para mitigar los efectos que el déficit hídrico en el suelo sobre el sistema productivo ganadería doble propósito en el municipio de Patía. Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de julio de 2015 y agosto de 2016, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico en el suelo (figura 8).

Durante casi todo el periodo de evaluación se evidencia un balance hídrico atmosférico negativo, debido a los valores bajos de precipitación (PPT) comparados con los valores altos de evapotranspiración (ET_0). A pesar de esta tendencia, se registraron algunos días durante el 2016 para los cuales el balance hídrico acumulado fue positivo y correspondieron al 4 de enero con 20,6 mm, el 26 de febrero con 13,4 mm, el 29 de marzo con 10,1 mm, el 11 de abril con 33,1 mm, el 17 de abril con 35,2 mm y el 29 de abril con 40,2 mm.

Para los días restantes de las ventanas de estudio el balance hídrico acumulado fue negativo, lo cual es evidencia de una alta escasez del recurso hídrico para suplir las necesidades hídricas del pasto angleton y demás especies vegetales presentes en la parcela.

El cálculo de la (ET_0) se realizó con el programa ET_0 calculator®, desarrollado por la FAO, en el cual, a partir de los datos meteorológicos y por medio de la ecuación FAO Penman-Monteith, se realiza el cálculo de la evapotranspiración del cultivo referencia (ET_0), con los datos de temperatura registrados en la parcela de integración.

En la figura 8 se aprecia que la ET_0 total acumulada fue de 1.365,3 mm y la precipitación acumulada fue de 463,5 mm con lo cual se obtuvo un balance hídrico acumulado negativo de 901,8 mm; es decir, el recurso hídrico resulta insuficiente para suplir los requerimientos del pasto angleton. En consecuencia, se dispuso de un sistema de riego por aspersión para compensar la deficiencia hídrica en el sistema productivo.

A diferencia de otros cultivos como los frutales de hoja caduca, que entran en periodo de reposo, las pasturas son perennes y usan el agua durante todo su ciclo vegetativo activo. Como todos los cultivos, las pasturas presentan fases de crecimiento y desarrollo, y pueden

presentar períodos críticos en los que son especialmente sensibles a los bajos contenidos de humedad.

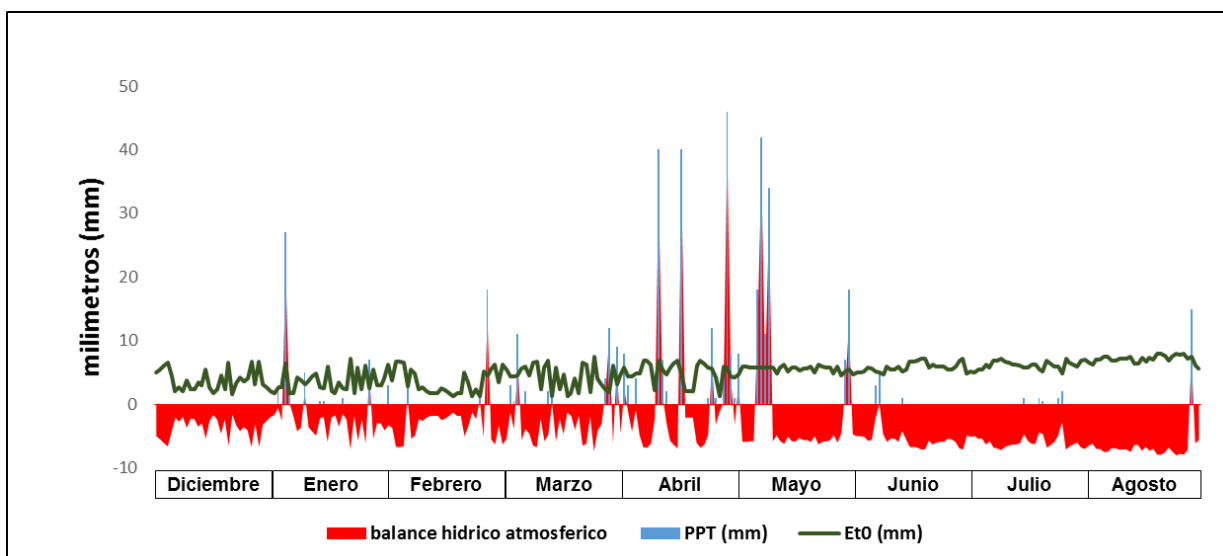


Figura 8. Balance hídrico atmosférico entre diciembre de 2015 y agosto de 2016 en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, ubicada en Patía.

Fuente: Corpoica (2016).

El riego constituye en este contexto una herramienta ideal para racionalizar el uso de los recursos naturales disponibles. Estableciendo un sistema de riego en los potreros se conseguiría disponer de adecuada vegetación durante las temporadas secas, a la vez que se produciría en temporadas de lluvia, una recuperación de las pasturas no regadas a las que oportunamente se les retiró el ganado en el verano.

Por otro lado, el balance hídrico agrícola muestra el comportamiento de la lámina de agua disponible (ADT) o fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (figura 9).

Este balance además incluye el agua fácilmente aprovechable (AFA), que es el agua capilar retenida en los poros del suelo y que puede ser aprovechada por los forrajes. También se observa el agotamiento de agua (Dr final) el cual, al relacionarlo con el consumo del cultivo durante el periodo de evaluación, evidencia que el agotamiento, es decir, la cantidad de

agua faltante en la zona radicular del pasto con respecto a la capacidad de campo sobrepasa el AFA en varios momentos. Después de que el consumo en la zona radical exceda el AFA, el agotamiento será lo suficientemente alto como para limitar la evapotranspiración del cultivo, lo cual indica estrés hídrico por déficit de agua en el suelo (figura 9) (Allen *et al.*, 2006).

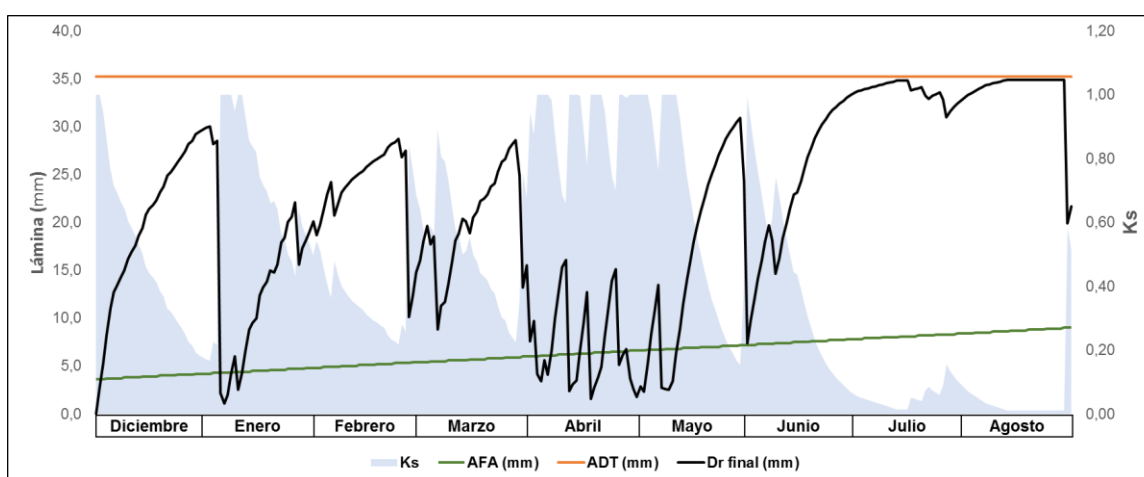


Figura 9. Balance hídrico agrícola entre los meses de diciembre del 2015 y junio del 2016 en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía. Fuente: Corpoica (2015b).

El coeficiente de estrés hídrico (K_s) es un factor adimensional de reducción de la transpiración. Este valor describe el efecto del estrés hídrico en la transpiración del pasto cuando se producen limitaciones en el suministro de agua a la planta, debido principalmente, a la disponibilidad de agua en el suelo y toma valores entre 0 y 1. Valores cercanos a 0 indican mayor estrés hídrico en la planta relacionado con limitaciones en la disponibilidad del recurso hídrico. Así, en la figura 9, valores cercanos a 1 como los presentados entre los meses de enero, abril, mayo y una buena parte de junio indican una condición leve de estrés hídrico, en contraste con la tendencia de valores cercanos a 0 presentados especialmente durante julio y agosto, que evidencian un mayor grado de estrés hídrico.

El estrés hídrico causado por deficiencias de agua en el pasto angleton podría generar pérdidas importantes en el crecimiento de las hojas debido a que cuando el potencial hídrico del suelo baja, la tasa de fotosíntesis disminuye parcialmente como consecuencia de una disminución de la conductancia estomática, y de igual forma cuando los aportes de agua disminuyen, la expansión foliar es afectada rápidamente.

Considerando este comportamiento meteorológico y teniendo en cuenta que el manejo tradicional basado en el pastoreo extensivo de potreros establecidos con pasto angleton es afectado por condiciones de déficit hídrico, a continuación se presentan recomendaciones para implementar algunas opciones tecnológicas con el fin de reducir la vulnerabilidad del sistema productivo bovino de doble propósito en condiciones restrictivas de humedad en el suelo.

1. Validación y uso de un sistema silvopastoril

Esta opción tecnológica se manejó teniendo en cuenta un corto y un mediano plazo. Es decir, durante el periodo de déficit hídrico (corto plazo) que generalmente se presenta entre los meses de junio a septiembre de cada año, se orientó al ganadero hacia el aprovechamiento del recurso arbóreo existente en la región, mediante la utilización del fruto de la caña fistula (*Cassia fistula*) en la suplementación animal.

En el mediano plazo y con la llegada de lluvias, se realizó el establecimiento de diferentes especies arbóreas adaptadas a la región, entre ellas: caña fistula (*Cassia fistula*), matarratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), saman (*Samanea saman*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), mango (*Mangifera indica* L), leucaena (*Leucaena leucocephala*), especies potencialmente utilizables para los sistemas ganaderos de la zona y que fueron establecidas aleatoriamente en el interior de la parcela.

1.1. Suplementación alimenticia mediante el uso de cañafistula (*Cassia fistula*)

Debido a que el árbol de caña fistula es un árbol de gran versatilidad y fácil manejo, que se adapta a una amplia gama de condiciones ecológicas y sistemas de producción, su fruto se constituyó en una materia prima con potencial para la zona, debido a su disponibilidad, facilidad de almacenamiento y aporte nutricional en la elaboración de BMN.

Para esto se realiza la recolección del fruto de cañafístula, el cual se puede encontrar en la ribera del río Patía, se efectúa el proceso de molienda (figura 10) y posteriormente se adiciona la sal mineralizada. Se recomienda proveer a los animales adultos hasta 3,5 kg al día, mientras que a los terneros hasta 1 kg al día. Además, y con el fin de estimular la rumia se recomienda que la molienda tenga un tamaño medio de partícula de un centímetro para animales adultos, y menor a un centímetro para terneros.



Figura 10. Recolección y molienda del fruto de caña fistula (*Cassia fistula*). Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito, Patía (Cauca).

Fuente: Corpoica (2016).

La suplementación tiene como objetivo suministrar, bajo condiciones de escasez de angleton, alimentos adicionales con el fin de mejorar el estado productivo de los animales. En ocasiones la suplementación permite reducir la participación de la pastura en la dieta e incrementar la carga animal sin sacrificar el desempeño individual, en otros casos simplemente ayuda a mantenerla.

Con la caña fistula también se pueden elaborar bloques multinutricionales, actividad complementaria al suministro de la molienda previamente descrito. Se pueden elaborar bloques multinutricionales de 10 kilogramos de peso, los cuales se ofrecen dos veces a la semana al inventario animal de la finca. Para la elaboración de un bloque multinutricional se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- La forma de preparación debe ser preferiblemente sólida, con el fin de garantizar el suministro de los nutrientes de manera lenta (Figura 11).



Figura 11. Bloque multinutricional con inclusión del fruto de caña fistula. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de doble propósito, Patía (Cauca).
Fuente: Corpoica (2016).

- La fórmula debe contener un buen porcentaje de materias primas disponibles en la zona, en este caso el fruto de la caña fistula y otros compuestos que logren incrementar la concentración de energía, proteína y minerales (figura 12).



Figura 12. Materias primas para la elaboración de los bloques multinutricionales. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía.
Fuente: Corpoica (2016).

- Como componente energético se recomienda utilizar melaza, la cual está disponible en la zona y tiene un menor costo con respecto a otras opciones. Dentro de la mezcla la melaza debe corresponder al 28 % (figura 13).



Figura 13. Adición de melaza en la elaboración de los bloques multinutricionales. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía.

Fuente: Corpoica (2016).

- Las sales minerales se incluyen en la elaboración debido a que aportan elementos como calcio, fósforo, entre otros; además dan palatabilidad y, actúan como saborizantes y preservantes. Dentro de la mezcla para la elaboración del bloque multinutricional se recomienda que corresponda al 5 % (figura 12).
- La cal se adiciona con el fin de dar dureza al bloque multinutricional. Los niveles de cal utilizados afectan la resistencia, así que a mayor nivel de cal mayor resistencia. Se sugiere incluirla hasta un 10 % del total de la mezcla y no se recomienda una mayor cantidad de cal, debido a que cuando se usa en una proporción mayor se reduce la palatabilidad y por lo tanto se disminuye el consumo (Arteaga, 2009).
- Como fuente de fibra se utiliza, por ejemplo, salvado de maíz. Su función en el bloque multinutricional es absorber la humedad además de darle firmeza y amarre. Se recomienda incluirlo en la mezcla hasta en un 20 %.
- Como fuente de fibra larga se utiliza la molienda de caña fístula en un porcentaje del 35 %.
- Se recomienda el empleo de azufre, el cual se prefiere en la zona de Patía sobre la úrea, teniendo en cuenta que allí el suministro de los bloques no es exclusivo para rumiantes sino también para los equinos. Su inclusión en la mezcla es de hasta el 5 % (figura 12).

Estos productos se deben seleccionar de acuerdo a su disponibilidad y los costos. Lo principal es balancear la composición a 100 kg de mezcla teniendo en cuenta los aportes nutricionales de cada material y los requerimientos nutricionales de los animales.

El mezclado puede hacerse a mano o utilizando una mezcladora mecánica, dependiendo de la cantidad a mezclar. El material estará listo para ser suministrado al ganado en los tres o cuatro días siguientes a su elaboración (figura 14).

Una vaca adulta de 360-560 kg de peso puede consumir entre 280-436 g/día de bloque multinutricional.



Figura 14. Elaboración de bloques multinutricionales. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, Patía (Cauca).

Fuente: Corpoica (2016).

1.2. Implementación de un sistema silvopastoril multiestrato

Se conocen como sistemas silvopastoriles aquellos sistemas de producción que incluyen los pastos mejorados con alto vigor y productividad, como el pasto Guinea (*Pánico máximo*) asociados con arbustos y/o árboles como el matarraton, la chaya, caña fistula, algarrobo, entre otras, que generalmente se usan para dar sombrío, confort a los animales, producción de leña, entre otros importantes usos (Lozano, Tovar, y otros, 2006).

El silvopastoreo combina los pastos comúnmente utilizados en las explotaciones ganaderas bovinas con árboles o arbustos, a través de arreglos que garantizan regularidad en la oferta forrajera para los animales.

A continuación se hace una descripción detallada de la metodología.

- **Reconocimiento de las condiciones agroecológicas del predio.** Además del análisis agroclimático descrito en la sección 1, es importante conocer las condiciones agroecológicas del predio, las cuales permiten decidir las especies de mayor conveniencia y de mejor desempeño para la zona. Por ejemplo esta opción tecnológica se validó en la finca el Carmen, vereda el Puro (Patía), la cual posee las siguientes condiciones: se encuentra ubicada a 638 msnm, presenta una temperatura mínima promedio de 20,18 °C, máxima promedio de 33,4 °C y media promedio de 27,11 °C, una precipitación anual de 463,4 mm, topografía ondulada y suelos franco - arenosos con pH de 5,25 (fuerte a extremadamente ácido) y contenido medio de materia orgánica.

- **Especies a establecer.** A continuación se nombran algunas especies arbóreas adaptadas a la región: caña fistula (*Cassia fistula*), matarraton (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), saman (*Samanea saman*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), mango (*Mangifera indica* L), leucaena (*Leucaena leucocephala*). La densidad de siembra de estas especies puede corresponder a 6 m entre los individuos y de 10 m entre surcos (figura 15). En el predio se recomienda que su establecimiento sea aleatorizado entre las especies a usar y que su protección se efectúe con guadua, alambre y material vegetal espinoso. Para completar el arreglo silvopastoril se sugiere incluir el establecimiento del componente pastoril con la renovación de una pradera degradada de angleton, a través de la siembra del pasto guinea.

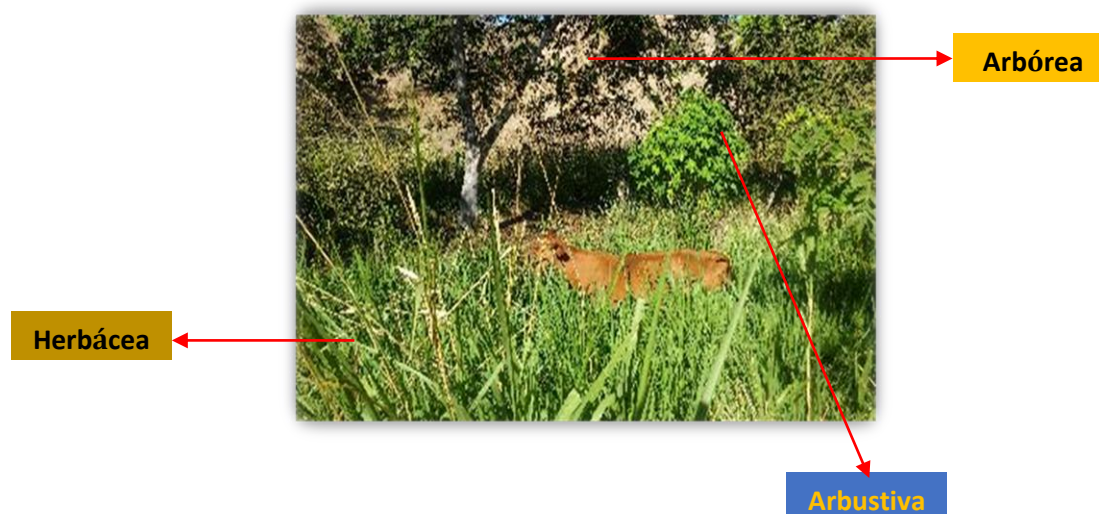


Figura 15. Distribución espacial de las especies herbáceas, arbustivas y leñosas en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en Patía.
Fuente: Corpoica (2016).

- **Material de siembra.** Para propagar las especies arbóreas y arbustivas se recomienda utilizar material vegetativo, mientras que para la siembra de los pastos angleton y guinea se requiere utilizar semilla, para angleton a razón de 12 kg.ha^{-1} y para guinea a razón de 3 kg.ha^{-1} .

- **Labores de adecuación de terreno para la siembra.** El suelo debe brindar condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas para el desarrollo del sistema radicular de las plantas y el transporte de los nutrientes, por lo cual las operaciones de mecanización son indispensables en el proceso de siembra y establecimiento del arreglo silvopastoril, en especial para el componente pastoril. Ante la falta de tracción mecánica para estas labores, se recomienda el uso de tracción animal con yunta de bueyes (Dávila, *et al.*, 2005).

Para el trasplante del material arbóreo se deben realizar hoyos que posean las dimensiones de 30 cm de ancho, 30 cm largo y 40 cm de profundo; de tal forma que se facilite la incorporación previa de abono orgánico y tierra de establo, con el objetivo de incrementar la fertilidad del suelo y mantener la humedad (figura 16).



Figura 16. Ahoyado del lote e incorporación de materia orgánica para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina doble propósito, municipio de Patía.
Fuente: Corpoica (2016).

- **Fertilización.** La fertilidad de los suelos es un factor clave para el crecimiento de las plantas y tiene una gran influencia sobre la productividad y la calidad del forraje, en especial con referencia a su contenido de proteína cruda. Se debe tener en cuenta que bajo condiciones limitantes de producción, la fertilización aumenta la productividad de biomasa y la concentración de nutrientes en el forraje. En este sentido, existe una relación directa entre el nivel de fertilidad del suelo y el resultado de la producción ganadera, debido a que la calidad del forraje es un indicador de la satisfacción de los requerimientos nutricionales de los rumiantes (Loterio, 1995).

Para un manejo adecuado de la fertilización se requiere contar con el análisis químico del suelo, para así elaborar los planes de manejo de las praderas en el corto, mediano y largo plazos. Este análisis permitirá identificar los elementos faltantes y determinar la cantidad de elementos nutritivos necesarios para cumplir con el ciclo vegetativo normal del pasto.

Los sistemas silvopastoriles propician un microclima ideal para actividades agrícolas y pecuarias. De esta manera, las especies arbóreas forrajeras proporcionan sombra al ganado, protegen las praderas contra los vientos y reducen el uso de alimentos concentrados.

- **Pastoreo.** Se recomienda realizar el primer pastoreo a los tres o cuatro meses de establecido, preferiblemente con animales jóvenes para evitar desgarres y daños en los pastos (figura 17). Es conveniente realizar los pastoreos cada 35 a 45 días dependiendo del estado de la pastura, con períodos de ocupación máximo de tres días.



Figura 17. Primer pastoreo del pasto guinea. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina doble propósito, municipio de Patía.

Fuente: Corpoica (2016).

Respecto a los árboles es conveniente mantenerlos cercados con guadua o en la medida de lo posible con cinta eléctrica hasta que tengan un año y medio de edad (figura 18).



Figura 18. Cercado de árboles. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía. Fuente: Corpoica (2016).

- **Poda de especies arbustivas.** Con el fin de orientar el crecimiento, dar estructura a las ramas y situar la copa a una altura de 1 m; la primera poda de formación se debe realizar entre 0,40 y 1 m de altura dependiendo del estado de los pastos, las arboles y los arbustos; y antes del primer pastoreo (figura 19).



Figura 19. Poda de formación de los árboles. Parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía. Fuente: Corpoica (2016).

Algunos de los árboles se pueden desmochar, es decir, se les puede realizar un corte severo al tronco principal con el fin de controlar el crecimiento. Posteriormente es necesario aplicar un cicatrizante con el fin de evitar la propagación de algún tipo de enfermedad.

La frecuencia y la altura de las podas dependen de la presión de pastoreo y el comportamiento de los pastos.

2. Manejo y conservación eficiente del recurso hídrico.

Esta opción tecnológica, al igual que la anterior, se abordó a través de dos estrategias: la implementación de tres bebederos plásticos, lo cual permite enfrentar el déficit hídrico de forma inmediata; y de un sistema de riego por aspersión, opción que permite reducir la vulnerabilidad de las pasturas y el componente arbóreo.

a. Adecuación de bebederos plásticos para los animales: para esta actividad se utilizan tres tanques plásticos con capacidad para 230 l cada uno, los cuales, para el caso de la parcela

de integración, se llenaron utilizando el excedente de agua del acueducto en horas de la noche. Se recomienda ubicar estos tanques estratégicamente en los lugares más frecuentados por los animales (figura 20), para de esta manera mantener una fuente permanente de agua de calidad y en la cantidad requerida por los animales.



Figura 20. Adecuación de bebederos con tanques plásticos. Parcela de integración sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía.

Fuente: Corpoica (2016).

b. Implementación de riego por aspersión: a partir de la instalación de un sistema de riego se busca suplir el agua que normalmente hace falta en condiciones de déficit hídrico en el suelo, asegurando así el desarrollo de la pradera. A través de este sistema se pueden realizar riegos más frecuentes para que las plantas obtengan el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo, y se asegure producción de biomasa.

La frecuencia de riego depende de las condiciones agroecológicas y edáficas del lote seleccionado y los requerimientos hídricos de la especie.

A continuación se describe el diseño agronómico e hidráulico requerido para el establecimiento de un sistema de riego por aspersión.

Diseño agronómico. Para su desarrollo se requiere considerar la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración del cultivo.

Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET_0): para el desarrollo de este ejercicio se tomaron los datos meteorológicos de la estación 5201502 “Fonda la Citec” del IDEAM

para el periodo comprendido entre 1980 a 2011. El cálculo de la ET_o se realiza utilizando los promedios mensuales de temperatura máxima, mínima, y humedad relativa para cada uno de dichos años, los cuales posteriormente se procesan a través del programa ET_o calculator® (figura 21).

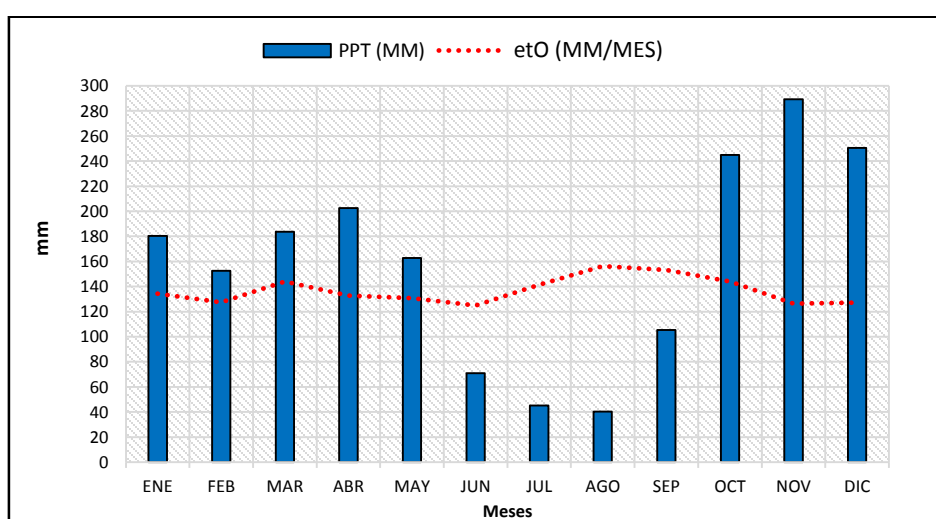


Figura 21. Promedio multianual de la precipitación y evapotranspiración para el periodo 1980-2011. Estación “Fonda la Citec”, municipio de Patía.

Para el diseño se escoge el valor máximo de ET_o , el cual corresponde a 5 mm/día y se presentó en el mes de agosto, mes con el mayor déficit hídrico.

Cálculo de la evapotranspiración del cultivo: en la tabla 3 se relaciona el coeficiente K_c para cada una de las etapas del desarrollo del cultivo de pasto (FAO, 2006), no obstante para el diseño del sistema de riego se utiliza el valor para la etapa final.

Tabla 3. Coeficiente de cultivo Kc para pastos de pastoreo

CULTIVO	Kc			Altura Max cultivo (m)
	INICIAL	MEDIO	FINAL	
Pastos de pastoreo	0,3	0,75	0,75	0,10

Fuente: Allen *et al.* (2006).

Es indispensable considerar que para obtener los datos de capacidad de retención, necesarios para determinar el balance hídrico y la lámina de aplicación de agua, se debe contar con la siguiente información: capacidad de campo (CC), punto de marchitez del suelo a regar (PMP) y densidad aparente (ρ_a), siendo los últimos valores tomados de la literatura (tabla 4).

Tabla 4. Valores de CC, PMP y ρ_a teóricos

CC	(% V)	PMP (%V)	ρ_a
1	36	22	1,25

Una vez realizados los cálculos y considerando las condiciones específicas de la parcela de integración, el volumen de agua que se requería aplicar para un área de 4.912 m² fueron de 88.208 l por día. Para aplicar este volumen de agua se determinó una lámina de riego de 9 mm por día en 4 horas. La frecuencia de riego se determinó con base en el balance hídrico diario y el resultado correspondió a 7 días para los meses con mayor déficit hídrico dentro de la parcela.

Es pertinente señalar que la frecuencia y el tiempo de aplicación fueron adaptados a la disponibilidad del recurso hídrico de la parcela de integración, es decir, las condiciones de riego aquí presentadas no son las ideales para el cultivo.

Se recomienda utilizar el sistema riego en épocas durante las cuales se evidencien condiciones de déficit hídrico en las plantas, por ejemplo, cuando haya cambio de color y marchitez de las hojas. Se sugiere suspender el riego durante el periodo de lluvias, que para el Patía se presentan en los trimestres marzo, abril y mayo; y octubre, noviembre y diciembre (figura 21).

Diseño hidráulico. Para la parcela de integración se tomó como fuente de agua un pozo profundo localizado a 1 km de la parcela. La toma de agua se estableció utilizando un motor de succión (figura 22).



Figura 22. Motor de succión para el funcionamiento del sistema de riego por aspersión usado en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito en el municipio de Patía. Fuente: Corpoica (2016).

Para el transporte del agua desde el reservorio hasta la parcela de integración se utilizó una manguera de 2", la cual atravesó el lote y se ubicó en una zanja de 20 cm de ancho por 40 cm de profundidad (figura 23). Esta manguera tiene capacidad para conexión de cuatro alas de riego de 1".



Figura 23. Instalación del sistema de riego por aspersión en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía.

Fuente: Corpoica (2016).

Este sistema de riego se utiliza de acuerdo al cálculo realizado en el proceso del diseño agronómico (Figura 24).



Figura 24. Uso del sistema de riego por aspersión en la parcela de integración del sistema productivo de ganadería bovina de doble propósito, municipio de Patía.

Fuente: Corpoica (2016).



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

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas implementadas

Las opciones tecnológicas implementadas representan un esquema de manejo mejorado en comparación con el esquema de manejo tradicional basado en el pastoreo intensivo de potreros con angleton. Las opciones tecnológicas pueden ser adaptativas dependiendo de las condiciones restrictivas de humedad en el suelo por exceso hídrico. Estas tecnologías son un marco general de referencia que fueron validadas en un nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico, y su eventual implementación en otro predio del municipio de Patía se debe ajustar de acuerdo con la zonificación de aptitud agroclimática.

En la tabla 5 se presentan los resultados de la producción de ganado doble propósito en un esquema de pastoreo tradicional comparado con el pastoreo que fue complementado con bloque multinutricional elaborado a base de caña fistula. Se observa que el uso del bloque como suplemento genera un aumento en la producción diaria de leche del 8 % (0,04 litros por animal) con respecto al manejo tradicional sin suplementación.

Tabla 5. Relación de los resultados productivos para dos esquemas de manejo del sistema de ganadería doble propósito en la parcela de integración ubicada en Patía

Manejo	I de leche por vaca al día	I de leche del hato* al día	I de leche del hato al año
Pastoreo tradicional extensivo	2,6	31,2	6.552
Pastoreo tradicional con suplementación de bloque multinutricional	2,8	33,6	7.056

*Para un hato de 16 vacas en lactancia.

Fuente: Corpoica (2016).

En la tabla 6 se comparan los resultados de otras variables evaluadas en el sistema de ganadería doble propósito para un esquema de pastoreo tradicional y uno mejorado basado en la implementación de un sistema silvopastoril, ambos bajo condiciones restrictivas de humedad en suelo.

La implementación de un sistema silvopastoril con riego por aspersión y aquellas actividades culturales recomendadas para esta opción tecnológica (labranza mecánica, fertilización, riego, registro meteorológico, aforos, división de potreros y determinación de capacidad de carga animal, entre otros) mejoran las condiciones productivas del sistema productivo ganadería doble propósito en condiciones restrictivas de humedad en el suelo.

Tabla 6. Comparación de variables de productividad para un esquema de pastoreo tradicional y uno con renovación de pradera en la parcela de integración de ganadería doble propósito, Patía

Variables productivas	Manejo tradicional		Sistema silvopastoril y riego por aspersión	
	Déficit hídrico	Exceso hídrico	Déficit hídrico	Exceso hídrico
Producción de materia seca (MS)				
Oferta forrajera (kg MS por ha en un corte)	2.600	6.500	5.432	12.017
Demanda forrajera (kg MS por UGG al año)	4.485	4.485	4.485	4.485
Capacidad de carga animal				
Capacidad de carga (UGG al año)	0,6	1,4	1,2	2,7
Composición de la leche				
Grasa (%)	3,4	3,5	3,5	3,4
Proteína (%)	4,2	4	4,5	3,7
Sólidos totales (%)	12,02	11,04	13,37	12,75
Producción de leche				
Diariamente (l vaca/día)	2,6		2,9	
Diariamente (l hato/día)	31,2		34,8	
Anualmente (l hato/año)	6.552		7.308	
Ganancia de peso				
Gramos animal día ⁻¹	0,267		0,317	

Fuente: Corpoica (2016).

Como resultados positivos se destacan los siguientes:

- Con este sistema se logra una variación porcentual positiva de la producción de materia seca del 100 % representada en el aumento de la capacidad de carga animal, la cual, con la implementación del sistema silvopastoril y el uso del riego por aspersión, dio como resultado 1,95 animales/ha comparado con la capacidad de carga animal promedio para el manejo tradicional, es decir, 1 animal/ha.



- Se mejora el contenido de sólidos totales en la leche, el cual durante el manejo tradicional del sistema productivo se registró en 11,04 % comparado con un 13,37 % para el sistema silvopastoril. Este comportamiento evidencia que el manejo alimenticio es una forma rápida de producir cambios, pero estos no son permanentes y con cualquier modificación de la dieta se produce una variación en esos constituyentes (Campabadal, 1999).
- Dichas mejoras nutricionales y de manejo se reflejan en la producción de leche, la cual registró un incremento porcentual de 11,53 % (0,3 l por vaca al día) a favor del esquema de manejo mejorado con respecto al manejo tradicional de los potreros.
- A través del manejo de las tecnologías en el sistema silvopastoril se mejoraron los valores de ganancia diaria de peso, lo cual se evidencia en que los animales en promedio obtuvieron una ganancia diaria de 317 g, mientras que con el manejo tradicional la ganancia promedio diaria fue de 267 g.

La aplicación de estas opciones tecnológicas permite que los sistemas de ganadería de doble propósito ubicados en zonas con alta exposición a déficit hídrico sean más resilientes.

Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo bovino doble propósito por condiciones restrictivas de humedad en el suelo en Patía

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema de ganadería de doble propósito en el municipio de Patía se pueden desarrollar algunas prácticas de manejo complementarias a las opciones tecnológicas, que aumenten la capacidad adaptativa del sistema.

a. Manejo de fertilización

Los pastos requieren elementos esenciales para su desarrollo y producción, siendo los más importantes el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, los cuales están contenidos, por ejemplo, en el aire y el agua. Otros elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso, zinc, cloro y molibdeno, se encuentran en el suelo;



en donde el pH y algunas otras reacciones determinan la disponibilidad para las plantas de estos elementos (Cabalceta, 1999).

Los valores de pH más favorables son los que se encuentran entre 6 y 7. Valores de pH menores a 5,5 indican la posibilidad de solubilización de elementos como el hierro y manganeso, y reduce la presencia de aluminio lo cual afecta el desarrollo radicular de los pastos y, por ende, limita la producción de biomasa por unidad de área (Arenas, 2011).

Dado que existen algunas variedades de pastos que son tolerantes a valores pH menores a 6, estas no son afectadas para asimilar los elementos bajo esas condiciones. En consecuencia, es importante conocer la tolerancia al pH que tenga la especie forrajera a establecer.

Además de las limitaciones para asimilar elementos nutricionales en función del pH del suelo, se debe considerar la relación que tiene el suelo, la planta y el animal, como también la frecuencia adecuada de aplicación de los fertilizantes, para lo cual el momento más aconsejable de aplicación es al inicio de la época lluviosa (Bernal & Espinoza, 2003).

A continuación se detallan características para estos tres elementos (suelo, planta y animal) que se recomienda considerar durante el establecimiento del manejo de la fertilización en especies forrajeras.

Suelo. Con el fin de desarrollar una fertilización adecuada es de importancia conocer las características del suelo asociadas al pH, la textura, la materia orgánica y el aporte o la disponibilidad de nutrientes.

Para el pH, como ya se indicó, si la especie de pasto a cultivar tiene tolerancia a pH ácidos (valores menores a 5) no es necesario hacer enmienda alguna, en cambio si la especie a cultivar es susceptible a valores de pH ácidos es necesario hacer una enmienda para corregir o neutralizar los elementos limitantes que bajo esa condición se solubilizan y afectan el desarrollo del cultivo. Para este caso, la estimación de la cantidad de enmienda a aplicar se hace en función de la acidez intercambiable presente en el suelo.

Por efecto de lixiviación (lavado por aguas de lluvia), suelo con textura arenosa indica la posibilidad de pérdida de nutrientes como potasio, calcio y magnesio. En consecuencia, una



manera de minimizar esta pérdida es haciendo aplicaciones fraccionadas de estos elementos, es decir, al momento de la siembra, a los diez días después de la emergencia de la semilla; y a los tres, seis, nueve meses después de la siembra.

Entre mayor sea el contenido de materia orgánica (valores de 5 % son ideales) mayor será el aporte de nitrógeno que el suelo reciba durante su proceso de mineralización. Contenidos menores de 1,7 % de materia orgánica, como los encontrados en la parcela de integración de Patía, requieren de adiciones de nitrógeno para promover la mineralización y para que el cultivo no tenga deficiencias por ese nutriente durante su desarrollo.

A través de un análisis de suelo se pueden determinar las cantidades disponibles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso, zinc, cloro y molibdeno; y en función de esos valores estructurar un plan de manejo y fertilización que permita nutrir la pastura y, así lograr buena cantidad de biomasa y de mejor calidad.

Planta. De la planta se debe conocer el punto en el que se evidencie la máxima cantidad de hojas, punto que coincide con adecuados valores nutritivos. Estos valores se pueden validar a través de un análisis bromatológico y foliar, y así verificar el estado de la planta con respecto al contenido de proteína y otros componentes nutricionales de interés. Se recomienda correlacionar estos resultados con los de la altura de la planta para establecer el momento más adecuado de uso de los forrajes, ya sea para pastoreo o corte.

Animal. Al respecto se debe considerar la capacidad de carga animal, es decir, el número máximo de animales que pueden pastorear un área. Esta se determina conociendo el peso inicial de los animales y la disponibilidad de forraje en los potreros.

Fertilización foliar complementaria. Las condiciones nutricionales del pasto se pueden complementar proporcionando elementos menores (zinc, boro, cobre, molibdeno) que pudieran estar limitantes en el suelo o bien que puedan ser antagonizados por el efecto de aplicaciones de los elementos mayores (nitrógeno, fósforo y potasio). Por ejemplo aplicaciones de molibdeno tres veces al año benefician la síntesis de proteínas en la planta (Bernal & Espinoza, 2003).

b. División de potreros

En la mayoría de las fincas los potreros no son aprovechados en forma correcta por lo que se genera baja producción de pastos. Para lograr los máximos rendimientos en la

producción se sugiere dividir el área a pastorear, es decir, generar pequeñas parcelas que permitan un uso alternado de estas, para que mientras una parcela es pastoreada las demás se recuperen (figura 25).



Figura 25. División de parcelas o sub potreros en praderas con pasto angleton.

La práctica de división de potreros permite:

- Un mayor control del pastoreo.
- Designar el momento óptimo de ofrecimiento del pasto a los animales.
- Obtener una mayor eficiencia por unidad de superficie al regular el nivel de defoliación y el tiempo de descanso de los potreros.
- Mejor recuperación y crecimiento de las especies forrajeras involucradas.
- Establecer control estratégico de parásitos internos y externos.
- Contar con potreros más homogéneos en topografía o vegetación.
- Distribución más uniforme de las excretas y mejor supervisión de los animales (Ortiz & Silva, 2006).

El número de potreros que se generen dependerá de la cantidad de animales, de la producción de forraje verde y/o materia seca por metro cuadrado, del período de ocupación o de permanencia de los animales en cada potrero y del tiempo de descanso que requiere la pradera para recuperarse.

El tiempo de permanencia en cada potrero no debe superar los siete días, siendo preferiblemente de tres a cuatro días. El tiempo de recuperación dependerá de la pastura, de la intensidad de defoliación y de factores ambientales, especialmente de la precipitación. Para el caso del pasto angleton, el periodo de recuperación puede ser de 38 días durante la temporada lluviosa o cuando se aplica riego, y entre 45-50 días durante el periodo de déficit hídrico (Cuesta & Villaneda, 2015).

Cuanto más exigente sea la categoría animal en cantidad y calidad de forraje será más importante cortos periodos de permanencia de los animales en cada uno de los potreros.

Por lo tanto, el número de parcelas determina el periodo de uso de la parcela y la intensidad de pastoreo, ya que se relaciona directamente con el tiempo de descanso de la pradera e inversamente con el tiempo de permanencia en parcela. La cantidad de parcelas se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Número de parcelas} = (\text{período de descanso} / \text{período de permanencia}) + 1$$

Con el fin de atenuar las fluctuaciones estacionales en la producción de forraje es necesario modificar a lo largo del año los periodos de descanso de la pastura. Al pasar de una rotación con pocos días de descanso de la pastura, se debe reducir el número de parcelas o el tiempo de permanencia en ellas (Ortiz & Silva, 2006).

c. Proceso de elaboración de ensilaje

Uno de los métodos de conservación forrajera más conocido es el ensilaje, el cual se basa en la preservación de los pastos y forrajes verdes mediante un proceso de fermentación anaeróbica. A través de esta actividad se regula la cobertura de las praderas y la oferta alimenticia durante la época de escasez (Garcés, Berrio, Ruiz, Serna, & Builes, 2004).

Igualmente, la elaboración de ensilajes es una alternativa para cubrir las deficiencias de disponibilidad y calidad de forrajes, tanto en épocas secas como en lluviosas. Es una estrategia de bajo costo que permite mantener o incrementar la carga animal, y la sustitución parcial o total del uso de concentrados.

Existen diferentes tipos de ensilajes, pero los más prácticos y económicos son los silos de montón y los que se hacen en bolsa plástica. Actualmente, las técnicas de preparación de ensilaje se pueden ajustar a las condiciones económicas del productor, al tamaño del hato y a la especialización productiva (carne, leche o doble propósito).

Es posible ensilar cualquier material forrajero pero lo ideal es emplear forrajes de alto rendimiento, con buena relación hoja-tallo, y que posean alto valor nutritivo. En el proceso de ensilaje se pueden realizar mezclas entre gramínea, leguminosas y arbóreas jóvenes. Para el caso de trópico bajo se puede utilizar el pasto angleton (*Dichanthium aristatum*), kingrass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), elefante (*Pennisetum purpureum*), sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*), follaje de leucaena (*Leucaena leucocephala*), caña fistula (*Cassia fistula*) y maíz forrajero (*Zea mays*).

Un factor muy importante en el proceso de elaboración de ensilaje es el grado de madurez de la planta. Generalmente los forrajes se deben cortar en estado de prefloración, ya que en ese momento el contenido de nutrientes es máximo.

Los pasos a seguir en el proceso de ensilaje son la cosecha, la deshidratación, el picado, el embolsado y el almacenamiento. En el proceso de almacenamiento debe tenerse en cuenta que el ensilaje puede ser afectado por la presencia de roedores ya que rompen las bolsas y pueden ocasionar grandes pérdidas económicas (Reyes, *et al.*, 2009).

El ensilaje es una excelente opción para la alimentación en las ganaderías del país por la gran variedad de granos y forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen en el trópico. Las condiciones anteriores permiten producir varias cosechas en el año, mientras en los países con estaciones solo se cosecha una vez al año.

En el municipio de Patía la alimentación de bovinos se orienta hacia el doble propósito, sin embargo, la producción es condicionada por el déficit de precipitaciones entre junio a septiembre y de febrero a marzo ya que reduce la disponibilidad y la calidad del forraje, ocasionando una menor producción de leche, pérdida de peso en los animales y muerte de animales. Esta situación también genera desplazamiento de los animales a potreros arrendados o la venta de los mismos a precios muy bajos.

La elaboración de ensilaje permite utilizar con mayor eficiencia la tierra, ya que al aumentar la disponibilidad forrajera por unidad de área se pueden mantener más animales por



potrero; almacenar una provisión de alimento para las épocas críticas manteniendo estable la producción de carne o leche durante el año; y aprovechar los excedentes de forraje que se presentan en las épocas de lluvia, los cuales generalmente se pierden por pisoteo o sobremaduración.

Es importante considerar que las opciones tecnológicas descritas anteriormente tienen un uso potencial ante amenazas de exceso hídrico en el suelo; sin embargo, es importante desarrollar el análisis del riesgo agroclimático con base en la ruta metodológica del presente plan, apoyándose en el SE-MAPA.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo bovino de doble propósito en Patía consulte el 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 su capacidad adaptativa. Esta última se aumenta con la implementación de opciones tecnológicas integradas, que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo ante el riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos sino también a económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

La siguiente sección expone algunos criterios técnicos y económicos para la implementación de las opciones tecnológicas presentadas en la primera parte de la sección 2, basados en dominios de recomendación.



Sección 3. Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores bovinos de Patía

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores con características socioeconómicas relativamente uniformes para quienes se pueden hacer las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores, Leyva, & Varela, 2008). A partir de los dominios de recomendación es posible 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 de adoptar las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio se basa 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 uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo con los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son viables financieramente y cómo deben implementarse según las diferentes 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, que deben ser ajustadas 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 usó la información de encuestas aplicadas a productores. Luego se realizó un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. La información de las encuestas también se empleó para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la



construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa acordes con las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo.

Por otro lado, se desarrolló un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática limitante, el cual se calculó para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación; así se generaron diferentes soluciones de viabilidad según las características de cada grupo. A partir de la información climática de los municipios se generaron mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos, y esta información se cruzó con la tipificación y con los resultados de la modelación.

Los dominios, entonces, se definieron 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, con 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 ganadería bovina de doble propósito en el municipio de Patía

En la tabla 7 se exhiben los dominios de recomendación teniendo en cuenta las respectivas características de agrupación. En columnas dos, tres y cuatro se presentan el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición de déficit hídrico. Se puede apreciar que la exposición a la condición climática en mención tiene mayor significancia para los dominios uno y tres, implicando considerar con mayor prioridad implementación de las opciones tecnológicas para estos. En lo referente al grado de sensibilidad de los cultivos y la capacidad adaptativa de los productores ante un déficit hídrico, los parámetros de los dominios indican niveles medios.

Finalmente, la última columna muestra los resultados del modelo microeconómico y permite evaluar la viabilidad financiera del establecimiento de la suplementación alimenticia de los animales con el bloque nutricional de caña fistula. Este análisis se establece teniendo en cuenta las características de los productores de cada dominio, además de las posibles restricciones para la implementación. Se observa que esta opción

tecnológica es financieramente viable, aunque presenta restricciones en su implementación dentro de todos los dominios de recomendación, aspectos que se describirán en los siguientes apartados.

Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de ganadería de doble propósito en el municipio de Patía

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores grandes con predios superiores a 25 ha, más de 20 UGG y alta exposición agroclimática.	Alta	Media	Media	Viable con restricciones
2. Productores medianos con mayor carga animal; con predios entre 15 y 25 ha, 30 y 40 UGG, y exposición agroclimática media.	Media	Media	Media	Viable con restricciones
3. Productores medianos con menor carga animal; con predios entre 3 y 25 ha, 4 y 20 UGG, y exposición agroclimática alta.	Alta	Media	Media	Viable con restricciones
4. Productores medianos con menor carga animal; con predios entre 3 y 25 ha, 4 y 20 UGG y exposición agroclimática media.	Media	Media	Media	Viable con restricciones

*UGG: Unidad de Gran Ganado, equivalente a un animal 450 kg.

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación en el sistema de ganadería de doble propósito en el municipio de Patía

Dominio 1

El dominio de recomendación 1 incluye a los productores grandes con predios superiores a 25 ha y más de 20 UGG; su exposición agroclimática es alta, es decir, se encuentran en áreas con suelos no aptos para la producción ganadera y presentan alta exposición a déficit hídrico.

El análisis de vulnerabilidad indica que los cultivos presentan un nivel de sensibilidad medio y está especialmente afectado por el manejo de los suelos, dado que este es ineficiente como consecuencia de que no se efectúan procesos adecuados de fertilización y riego, y porque además existe pastoreo extensivo y deforestación.

La capacidad de adaptación de estos productores es media como consecuencia de su baja disponibilidad de agua, del limitado acceso a información agroclimática y por la escases de fuentes alternas de ingreso. Como indicadores positivos se tiene que los productores son dueños de los predios; cuentan con acceso a créditos agropecuarios; se encuentran vinculados a redes sociales o de apoyo, como a organizaciones de productores de ganadería y juntas de acción comunal u otras; y realizan decisiones adecuadas referentes a sus procesos productivos (figura 26).

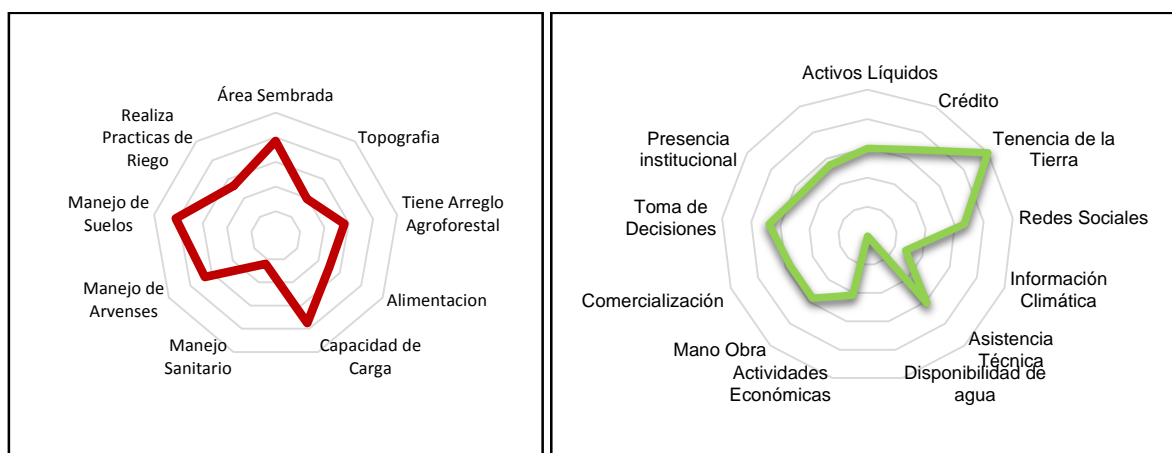


Figura 26. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 1. Sistema de ganadería bovina doble propósito del municipio de Patía.

De acuerdo al análisis microeconómico, la implementación de la suplementación a base del bloque multinutricional de caña fistula en asocio con el pasto es viable para reducir las deficiencias de alimento en época de déficit hídrico. Teniendo en cuenta la solución del modelo se sugiere que del total de hectáreas se destine 7,2 de estas al cultivo de pasto (24%) y 0,8 a caña fistula (3%).

El área en caña fistula cultivada debe ser recolectada cada seis meses, los dos primeros cortes se hacen sobre el 30% del área sembrada para cada uno de estos y 20% en los dos cortes restantes, para un periodo de manejo de dos años.

El pasto se debe sembrar en una sola ocasión durante los dos años, debiéndose pastorear cada dos meses mediante la instauración un esquema de pastoreo rotacional, por ejemplo. Se recomienda brindar mantenimiento a los potreros, como mínimo cada 6 meses, utilizando abonos y fertilizantes, según corresponda. Debe considerarse también, que del



total de cosecha para pastos, aproximadamente un 30% corresponde a pasturas de desperdicio, entendiéndose estas como las que han sido dañadas por las heces del hato y que ya no pueden ser ingeridas

Ahora bien, es recomendable que el uso de la opción tecnología se efectúe máximo por cinco meses en la época de déficit hídrico, pues si la implementación se amplía más de este periodo el productor deberá recurrir a la venta de cabezas de ganado para poder sobrellevar los nuevos costos, que visto desde el precio del jornal en la región y las hectáreas disponibles, sería un valor alto y por tanto el sistema se volvería inviable⁴.

La acumulación de capital exhibe una tasa de crecimiento del 36 % cuando se opta por el manejo de la opción tecnológica por un periodo de cinco meses, por tanto se sugiere que en caso de ser necesario se adquiera crédito para capital de trabajo, el cual se prevé no debe superar el 17,7 % de la inversión total, es decir, debe corresponder máximo a \$2.000.000.

Dominio 2

Si se compara con los productores de los otros dominios, aquellos pertenecientes al dominio dos cuentan con una capacidad de carga animal mayor, con predios entre 15 y 25 ha, entre 30 y 40 UGG; presentan exposición agroclimática media, es decir, áreas con suelos óptimos o con leves restricciones para la producción ganadera y con alta exposición a déficit hídrico.

Los cultivos tienen sensibilidad media ya que están afectados por el inadecuado manejo del suelo, la falta de disponibilidad de sistemas de riego y la ausencia de arreglos agroforestales. En lo referente a la capacidad de adaptación de los productores estos exhiben niveles medios debido a que presentan dificultades en términos de asistencia técnica de calidad⁵, información climática y disponibilidad de agua para la producción (figura 27).

⁴ Esta recomendación también aplica para los demás dominios.

⁵ Se recomienda al apoyo técnico de la región fortalecer, en los productores y asistentes técnicos al sistema productivo, los conocimientos y experticias en el manejo de sistemas de producción animal, dado que se no se ha prestado suficiente atención a esta área del sector rural, en cambio se hace más énfasis en los procesos de producción de cultivos.

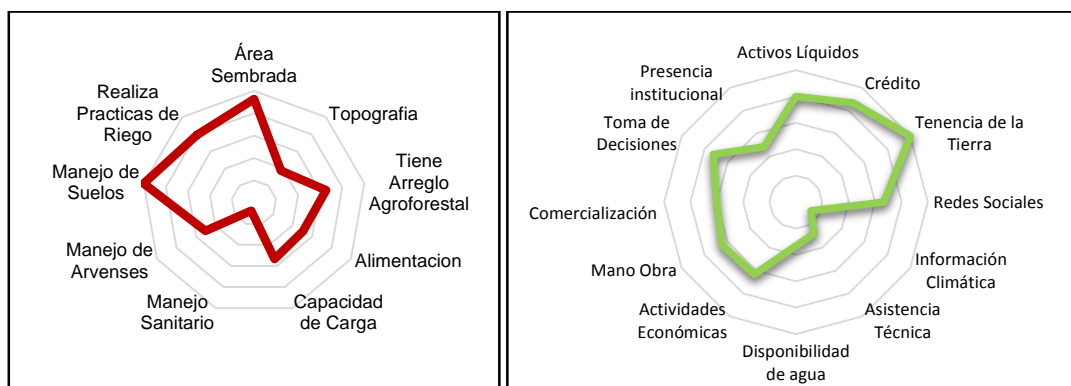


Figura 27. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2. Sistema de ganadería bovina de doble propósito del municipio de Patía.

En ese sentido, según los parámetros de la modelación se sugiere destinar del total de las hectáreas 6,47 ha (34 %) para el cultivo de pasto y 0,7 ha (4 %) para caña fistula, por un periodo de cinco meses de época de déficit hídrico, ya que de lo contrario el sistema sería inviable, tal como se sustentó en el dominio 1.

En ese orden de ideas se recomienda que en época de déficit hídrico y sólo cuando la oferta de la pradera sea menor al 57 % de materia seca, se suministre como complemento a los animales el bloque multinutricional a base de caña fistula. Igualmente, la implementación de esta opción tecnología no debe hacerse por más de cinco meses.

Cuando se opta por el manejo de la opción tecnológica la acumulación de capital exhibe una tasa de crecimiento del 38% en el periodo de los cinco meses; sin embargo, se sugiere que, en caso de ser necesario que se adquiriera crédito para capital de trabajo, este no supere el 15% de la inversión total, es decir \$1.700.000.

Dominio 3

Los productores de este dominio se caracterizan por poseer extensiones medianas con menor carga animal que los anteriores dominios, es decir, con predios entre 3 y 25 ha, y entre 4 y 20 UGG; presentan exposición agroclimática alta dado que son áreas con suelos no aptos para la producción ganadera y con alta exposición a déficit hídrico.

En lo concerniente a la sensibilidad de sus cultivos y la capacidad adaptativa de los productores se presentan niveles medios, mostrando debilidades en manejo de suelos y de las arvenses, en la vinculación a redes sociales o de apoyo (organización de productores de ganadería y juntas de acción comunal u otras), en el acceso a información climática, en la asistencia técnica de calidad, presencia institucional y fuentes alternas de ingreso, como también una capacidad de carga animal baja en comparación con los otros dominios.

Como factores positivos que favorecen la adaptabilidad del productor se tiene que estos poseen la propiedad de previos, han celebrado buenos acuerdos para la comercialización del producto y han tomado decisiones acertadas en el manejo del sistema productivo (figura 28).

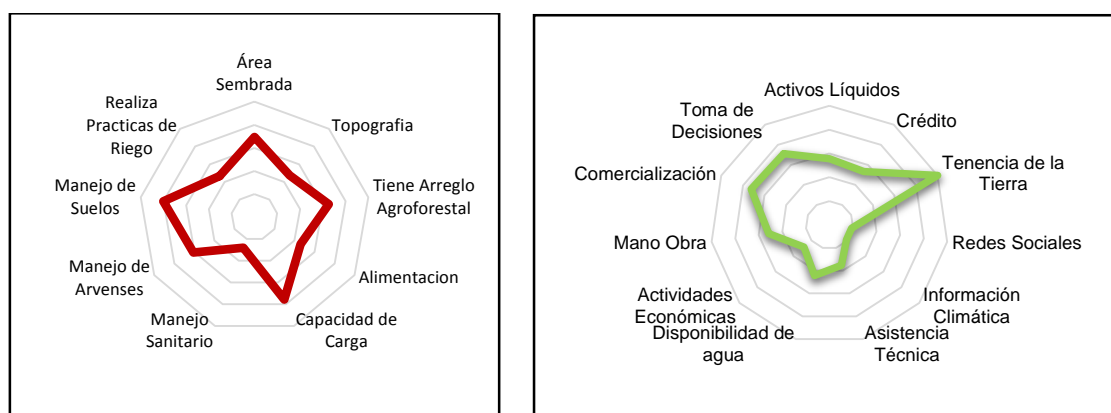


Figura 28. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 3. Sistema de ganadería doble propósito del municipio de Patía.

En consecuencia se recomienda para este dominio sembrar, respecto al total de hectáreas disponibles, 5 ha (55 %) en cultivo de pasto y 0,5 ha (6 %) de caña fistula, combinación que permitirá brindar la alimentación necesaria para el hato, siempre y cuando la implementación de la opción tecnológica no supere máximo cinco meses de época de déficit hídrico. Por tanto, se espera que en época de déficit hídrico y solo cuando la oferta de la pradera sea menor al 59 % de materia seca, se suministre a los animales el complemento del bloque multinutricional a base de caña fistula, igualmente por un periodo máximo de los cinco meses.

Ahora bien, teniendo en cuenta que la tasa de crecimiento del capital acumulado mensual es del 35 %, respecto a los cinco meses en que es viable la suplementación a base del fruto

de caña fistula; se sugiere que en caso de ser necesario se adquiriera crédito para capital de trabajo, el cual se prevé no debe superar el 11,5 % de la inversión total, es decir \$1.300.000.

Dominio 4

Por último, el dominio de recomendación 4 que está conformado por productores medianos con menor carga animal, es decir, con predios entre 3 y 25 ha, y entre 4 y 20 UGG; presentan una exposición agroclimática media debido a que los suelos son óptimos o tienen leves restricciones para la producción ganadera y alta exposición a déficit hídrico. Respecto a la sensibilidad de los cultivos se presenta un nivel medio, siendo el manejo de suelos, manejo de arvenses, capacidad de carga y área sembrada los principales indicadores que afectan esta variable.

En lo relacionado a la capacidad adaptativa del productor se observa un parámetro medio, presentando la misma tendencia en los factores positivos que los anteriores dominios (figura 29).

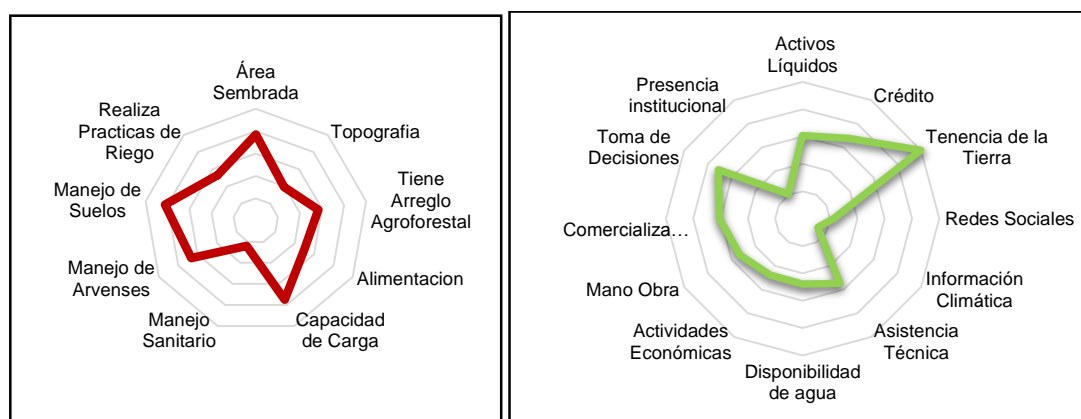


Figura 29. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 4. Sistema de ganadería doble propósito del municipio de Patía.

Respecto a las recomendaciones, estas estarán enmarcadas a las mismas que se efectuaron para el dominio 3.

Finalmente, una recomendación general para los dominios, y que posiblemente puede ampliar el horizonte de la oferta de la suplementación y su viabilidad a largo plazo, es la implementación de la caña fistula como un cultivo adicional en la región, el cual deberá



estar asociado a buenas prácticas de manejo agropecuario tales como fertilización, riego y poda. Adicionalmente se sugiere programar la siembra de la caña fistula de acuerdo al tamaño del hato y a los periodos de déficit hídrico, para que permita optimizar los recursos disponibles de los productores de la región.

En lo concerniente a la oferta laboral, se espera optimización de la mano de obra familiar en la cosecha de caña fistula para que reduzca al máximo la compra de jornales en condición de déficit hídrico.



REFERENCIAS

- Allen, R.G., Pruitt, W., Wright, J., Howell, T., Ventura, F., Snyder, R., ... & Elliott, R. (2006). A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. *Agricultural Water Management*, 81, 1-22.
- Arenas, J. (2011) *Manual de fertilización, manejo de forrajes y pastos cultivados*. Obtenido de: <http://www.perucam.com/presen/pdf/11.%20Manual%20t%E9cnico%20en%20forrajes%20y%20pastos%20cultivados.pdf>.
- Arteaga, S. (2009). *Elaboración de un bloque multinutricional a partir de los subproductos generados por la industria panelera, destinado para la alimentación de ganado bovino productor de carne, en el municipio de Sandona-Nariño*. Tesis, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño.
- Bernal, J., & Espinoza, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de los pastos*. Quito: International Plant Nutrition Institute.
- Cabalceta, G. (julio, 1999). *Fertilización y nutrición de forrajes de altura*. Presentado en el XI CONGRESO AGRONÓMICO NACIONAL Y DE RECURSOS NATURALES, San José, Costa Rica. Recuperado de goo.gl/CFKcuJ.
- Campabadal, C. (1999). *Factores que afectan el contenido de los sólidos totales de la leche*. Recuperado de goo.gl/J9nX7y.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. Proyecto reducción del riesgo y adaptación al cambio climático*.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015b). *Producto 2: mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos*.



de variabilidad climática para cacao (Mercaderes), pasto angleton (Patía), aguacate (Tambo). Proyecto reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2016). *Informe final de la parcela de integración del sistema productivo ganadería bovina doble propósito, departamento de cauca. Proyecto reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.*

Dávila, O., Ramírez, E., Rodríguez, M., Gómez, R., & Barrios, C. (2005). *El manejo del potrero. Proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas*, Pascal Chaput. Obtenido de http://165.98.12.83/2124/1/el_manejo_de_%20potrero.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio riego y Drenaje. No 56. Roma. ISBN 92-5-304219-2.*

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.

Garcés, A., Berrio, L., Ruiz, S., Serna, J., & Builes, A. (2004). *Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de investigación, 1(1), 66-71.* Recuperado de <https://goo.gl/zCffjd>.

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

Lores, A., Leyva, A., & Varela, M. (2008). *Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. Cultivos Tropicales, 29(3), 5-10.*

Lotero, J. (1995). *Seminario sobre Fertilización de cultivos.* Medellín, Colombia. 1-17.

Lozano, M. D., Corredor, G. A., Vanegas, M. A., Figueroa, L., Ramírez, M., Carrero, G., Vásquez, N., & Aguirre, M. C. (2006). *Sistemas silvopastoriles con uso de*



biofertilizantes. Espinal, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corpoica. Recuperado de goo.gl/ZTtQgu.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.

Ortiz, R., & Silva, S. (2006). Cálculo y manejo en pastoreo controlado. *Revista Veterinaria, Montevideo* 41 (161-162), 25-30. Recuperado de goo.gl/SRgVVI.

Palmer, W. (1965). Meteorological Drought. Department of Commerce. Res. Paper (45), 58.

Pérez, C., & Adonis, P. (2012). *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales*. Santiago de Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Fundación de Desarrollo Frutícola FDF, Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático UNEA.

Reyes, N., Mendieta, B., Farinas, T., Mena, M., Cardona, J., & Pezo, D. (2009). *Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino*. Serie técnica Manual técnico No. 91. Managua, Nicaragua: Centro agronómico tropical de enseñanza. Recuperado de goo.gl/ZdqsXI.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingresa por:

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

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