



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Ganadería Bovina de Leche

**Municipio de Ubaté
Departamento de Cundinamarca**



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Agosto de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	Función en el proyecto
Michael López Cepeda	Profesional de apoyo a la Investigación
Jaime Andres Cubides Cárdenas	Profesional de apoyo a la Investigación
Gustavo Octavio García	Investigador Ph. D
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D
Gonzalo Rodriguez 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. Tibaitatá que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

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

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



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo bovino lechero en Ubaté.....	3
Sección 1. Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ubaté.....	4
Exposición del sistema productivo bovino lechero a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ubaté	9
Zonas de Ubaté en las cuales el sistema de ganadería bovina tendría un mayor o un menor riesgo de pérdida productiva	17
Gestión de la información agroclimática-agrometeorológica para conocer el.....	21
riesgo agroclimático en la finca	21
Sección 2. Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de la ganadería bovina de leche en condiciones de déficit hídrico del suelo en Ubaté	1
a) Suplementación estratégica con bloques multinutricionales energético-proteicos	2
b) Suplementación estratégica energético-proteica	7
c) Evaluación de la suplementación alimenticia a través del ensilaje de avena forrajera (<i>Avena sativa</i>)	10
Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo bovino lechero a déficit hídrico en el suelo, en Ubaté	14



Sección 3. Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de la ganadería bovina de leche en Ubaté.....	23
REFERENCIAS	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de la ganadería bovina de leche en Ubaté (Cundinamarca), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Ubaté (Cundinamarca). a. Subzonas hidrográficas. b. Altitud. c. Paisaje.	5
Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual en Ubaté (en el periodo 1980-2011). Fuente: Corpoica (2015a).	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para pastos kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), raigrás (<i>Lolium perenne</i>) y falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>) en Ubaté.	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para los pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en el sistema ganadería bovina de leche (municipio de Ubaté), ante condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis I (marzo-junio).	14
Figura 6. Escenarios agroclimáticos mensuales para los pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en el sistema ganadería bovina de leche (municipio de Ubaté), ante condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis junio-septiembre.	16
Figura 7. Mapa de aptitud agroclimática de Ubaté para pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico. Ventana de análisis ...	18
Figura 8. Mapa de aptitud agroclimática de Ubaté para pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico.	19
Figura 9. Balance hídrico del sistema productivo bovino lechero en Ubaté entre los meses de diciembre del 2014 y noviembre del 2015.	1
Figura 10. Balance hídrico agrícola entre diciembre del 2014 y noviembre del 2015 para la parcela de integración del sistema de la ganadería bovina de leche en Ubaté.	2



Figura 11. Bloque multinutricional utilizado en la parcela de integración de Ubaté.....	3
Figura 12. Explotación ganadera bovina lechera basada en pastoreo extensivo de pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), en Ubaté.	4
Figura 13. Elaboración de BMN en las instalaciones del Centro de Investigación	6
Figura 14. Proceso de moldeo semi-industrial del bloque multinutricional a través de máquina Cimva RAM.	6
Figura 15. Consumo de suplemento estratégico energético proteico en vacas. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de leche especializada, en Ubaté.	8
Figura 16. Actividades para la elaboración y almacenamiento en bolsas de ensilaje de avena forrajera en la parcela de integración del sistema productivo ganadería bovina de leche en Ubaté.....	11
Figura 17. Actividades de mecanización previa para la renovación de praderas.....	17
Figura 18. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha)	26
Figura 19. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio dos.	28



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Ubaté durante los eventos de El Niño en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 2. Duración, valor ONI y anomalías de precipitación en Ubaté durante los eventos de La Niña en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 3. Fórmula para la elaboración de un BMN de 5 kg. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de leche, en Ubaté.	5
Tabla 4. Formulación de suplemento (energético-proteico) por programación lineal a mínimo costo. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de leche en Ubaté.	9
Tabla 5. Relación de aspectos productivos entre esquemas de manejo para ganadería bovina de leche en la parcela de integración, en Ubaté.	13
Tabla 6. Participación de gramíneas y leguminosas para intersembra en el proceso de renovación de praderas. Parcela de integración del municipio de Ubaté.	19
Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de ganadería de leche de Ubaté.	25



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 contribuir a la reducción de su vulnerabilidad en el mediano y el largo plazos. Esto constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnologías a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que producen las condiciones restrictivas de humedad del suelo sobre los sistemas productivos.

Con este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico 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 ganaderos e integrar experiencias y conocimientos acerca de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de la humedad en el suelo, a escala local. El Fondo Adaptación priorizó, en el departamento de Cundinamarca, el sistema productivo de ganadería bovina de leche en el municipio de Ubaté.

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 leche ante condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Ubaté (departamento de Cundinamarca).



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo bovino lechero frente al riesgo agroclimático en el municipio de Ubaté (Cundinamarca), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo bovino lechero en Ubaté

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

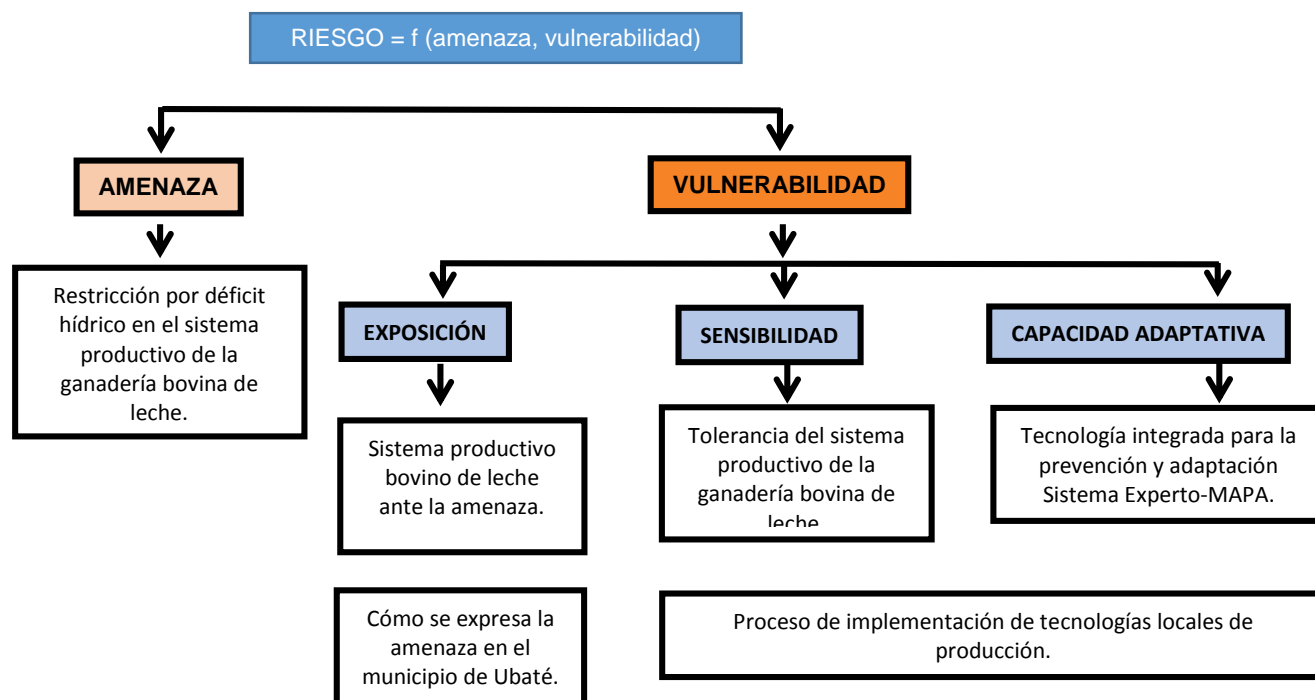


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de la ganadería bovina de leche en Ubaté (Cundinamarca), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.

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

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

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

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

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ubaté

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

En la Figura 2 se presentan los mapas de zonificación según las características biofísicas de Ubaté. Por Ubaté confluye la subzona hidrográfica del río Suárez y el municipio registra presentas altitudes desde 2.500 hasta 3.500 metros sobre el nivel del mar, msnm. Estas diferencias fisiográficas hacen que la unidad de análisis sea heterogénea y que los elementos climáticos presenten alta variabilidad en su comportamiento. Ubaté está

conformado principalmente por tres tipos de paisajes: montaña con 58,8%, seguido de planicie con 39,3%, y un área con cuerpo de agua de 0,8%.

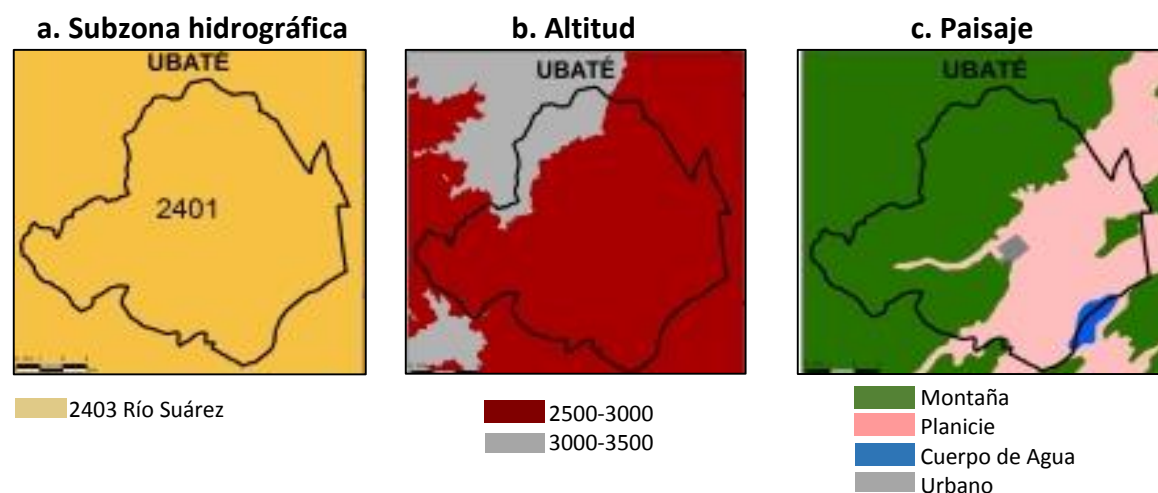


Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Ubaté (Cundinamarca). a. Subzonas hidrográficas. b. Altitud. c. Paisaje.

Fuente: Corpoica (2015a).

En Ubaté la susceptibilidad a heladas es baja en el 68,4% del territorio, moderada en 21,5%, mientras que sólo en 10,1% del municipio la susceptibilidad a este fenómeno es alta. El 39,1% del territorio tiene una susceptibilidad media a inundaciones y, por ejemplo, durante la ola invernal 2010-2011 el 11% del área del municipio se inundó, la cual correspondió a 1.311 ha. La susceptibilidad a deslizamiento es alta en el 38,6% del municipio, media en el 21% y baja en el 10,3%.

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 presentan nuevamente estos fenómenos. Por ejemplo, esto permitiría reconocer la intensidad y frecuencia de eventos asociados a *El Niño* - Southern Oscillation (ENSO) y ubicar áreas con mayor o menor fluctuación de variables meteorológicas. De la información empleada para el análisis climático de Ubaté se destaca:

Precipitación

En la Figura 3, se muestra la dinámica de precipitación en Ubaté, la línea verde representa la precipitación promedio, y las barras rojas y azules los eventos de variabilidad, *El Niño* (1992) y *La Niña* (2010). Anualmente en el municipio se registran en promedio 725 mm de precipitación.

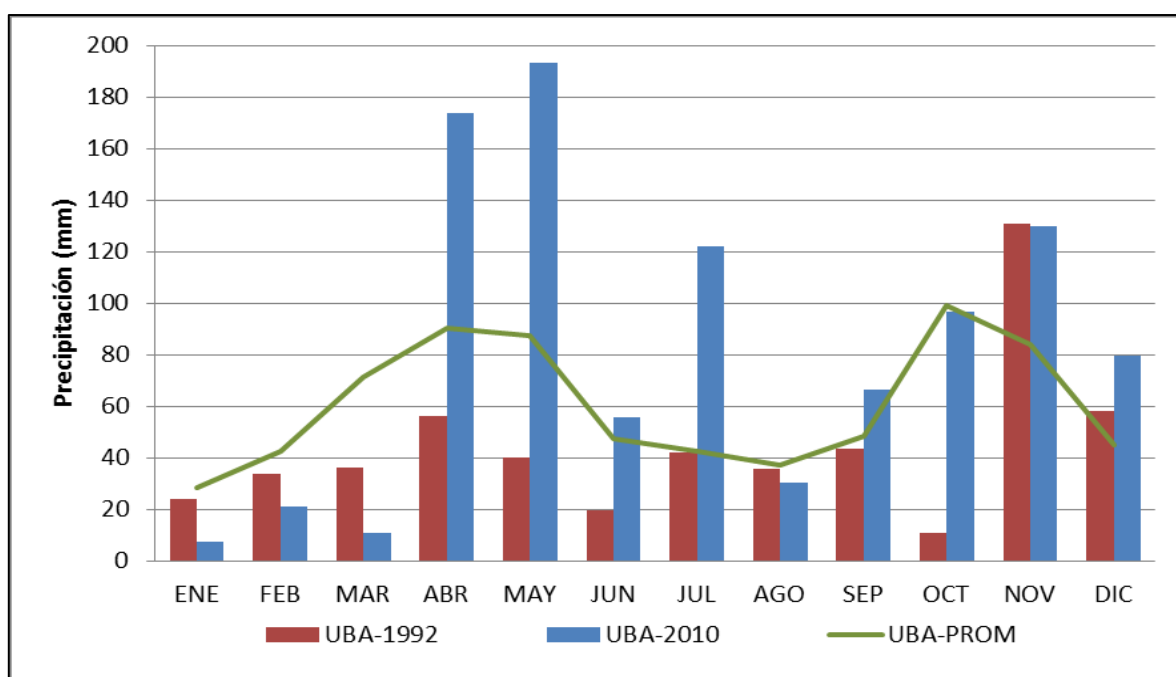


Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual en Ubaté (en el periodo 1980-2011). Fuente: Corpoica (2015a).

La distribución de la precipitación en Ubaté tiene dos temporadas de lluvias, el trimestre de marzo, abril y mayo (MAM), y el trimestre de septiembre, octubre, noviembre (SON); y dos temporadas secas, una a mitad de año que comprende los meses de junio, julio y agosto (JJA), y la otra durante los meses de diciembre, enero y febrero (DEF). Los años extremos de precipitación en Ubaté fueron 2010 (extremo superior) y 1992 (extremo inferior): durante el 2010 la alteración de la precipitación fue del 80%, mientras que en 1992 la disminución de precipitación fue de 27%. En el 2010 los meses más afectados por las altas precipitaciones fueron desde abril a julio (Figura 3).

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

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

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

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

En Ubaté durante el evento de *El Niño* de los años 1991-1992, el cual duró 15 meses, se presentó un valor ONI de 1,8 con disminuciones en las precipitaciones de -23 %, siendo el porcentaje más alto de reducción pluviométrica entre los nueve fenómenos de *El Niño* ocurridos durante la serie climática 1980-2011 (Tabla 1).

¹ Cuando la variación supera valores de 0,5 durante por lo menos cinco meses consecutivos se habla de un evento *El Niño* y cuando los valores son menores a -0,5; también de forma consecutiva en cinco meses, es un evento *La Niña*. Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos. Consúltelo en <http://bit.ly/29LNC2H>.

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Ubaté durante los eventos de El Niño en 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	Feb. 2005	Ene. 2007	Abr. 2010
Duración (meses)		14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI		2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía		-13 %	-5 %	-23 %	-2 %	-19 %	-19 %	-11 %	-13 %	-2 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Para el caso del evento de *La Niña*, entre 1988-1989 se presentó el menor valor ONI (-1,9) de los siete eventos ocurridos durante el período 1980-2011. El mayor aumento de las precipitaciones (76%) se presentó durante el evento de La Niña de 2010-2011, el cual tuvo una duración de 10 meses y un valor ONI de -1,4 (Tabla 2).

Tabla 2. Duración, valor ONI y anomalías de precipitación en Ubaté durante los eventos de La Niña en 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
Mínimo Valor ONI		-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía		-7 %	11 %	10 %	21 %	-29 %	17 %	76 %

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 susceptibilidad a inundación, durante el período 2010-2011; la susceptibilidad biofísica a inundación; la afectación de la capacidad fotosintética de cubiertas vegetales, analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, por sus iniciales en inglés); las áreas afectadas regularmente, cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua); y las áreas susceptibles a afectaciones por sequía (contracción de cuerpos de agua).

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

Exposición del sistema productivo bovino lechero a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ubaté

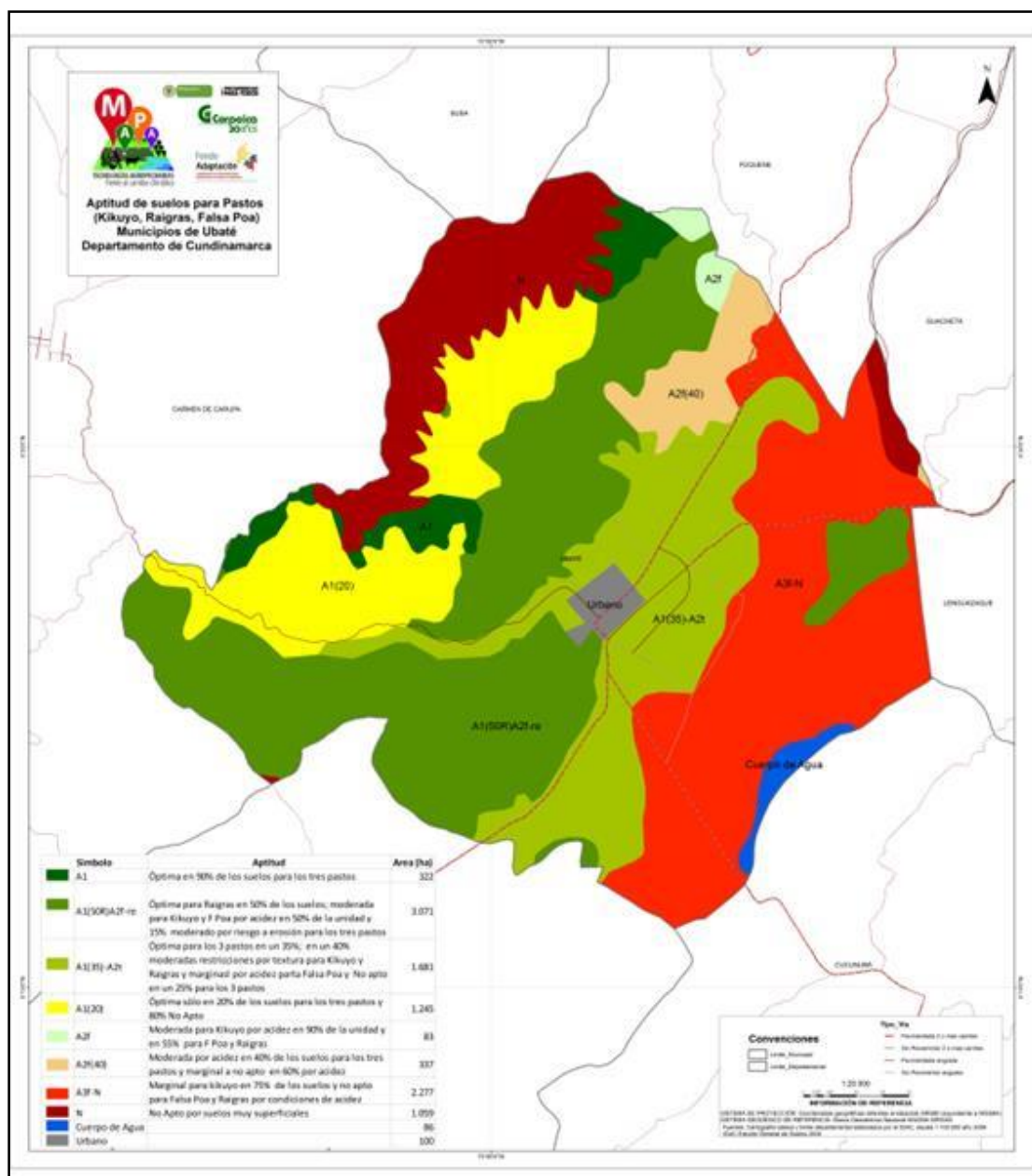
El sistema bovino de ganadería de leche se basa en sistemas pastoriles (praderas) y está expuesto a limitantes por las características del suelo (físicas y químicas) y por las condiciones climáticas y su variabilidad. Esta exposición de las praderas en el sistema varía en el tiempo y de acuerdo con su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

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

Para evaluar la exposición de las praderas se debe identificar:

a. En el mapa de aptitud de suelos, las limitaciones de los suelos en Ubaté teniendo en cuenta la metodología de la FAO (1976). Es importante tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad, como las propiedades químicas con

la aplicación de enmiendas y fertilizantes, mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas y texturas). La escala de análisis espacial es 1:100.000 (Figura 4).







Símbolo	Aptitud	Área (ha)
	A1 Óptima en 90% de los suelos para los tres pastos.	322
	A1(50R)A2f-re Óptima para raigrás (<i>Lolium spp</i>) en 35% de los suelos, moderada para kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) y falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>) por acidez en 50% de la unidad, y 15% moderado por riesgo a erosión para los tres pastos.	3.071
	A1(35)-A2t Óptima para los 3 pastos en un 35%, en un 40% moderadas restricciones por textura para kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) y raigrás (<i>Lolium spp</i>), y marginal por acidez para falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>); y no apto en un 25% para los 3 pastos.	1.681
	A1(20) Óptima sólo en 20% de los suelos para los tres pastos y 80% no apto.	1.245
	A2f Moderada para kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) por acidez en 90% de la unidad y en 55% para falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>) y raigrás (<i>Lolium spp</i>).	83
	A2f(40) Moderada por acidez en 40% de los suelos para los tres pastos y marginal a no apto en 60% por acidez.	337
	A3f-N Marginal para kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) en 75% de los suelos por acidez y no apto para falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>) y raigrás.	2.277
	N No apto por suelos muy superficiales	1.059

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

Para tener en cuenta. Cerca del 40 % de los suelos del municipio presentan aptitud óptima o moderada para los tres pastos evaluados, sin embargo, los raigrases (*Lolium spp*) presentan la mejor oportunidad para establecimiento. El 26 % de los suelos del municipio son considerados óptimos para este cultivo y el 13 % se califica como moderado, especialmente por condiciones de acidez.

Para kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y falsa poa (*Holcus lanatus*) los resultados son similares: un 11% del municipio presenta condiciones óptimas (1.160 ha del área total del municipio aproximadamente), mientras que un 21% moderadas para falsa poa (*Holcus lanatus*) y un 28% para kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), ambos por condiciones de acidez principalmente.

La mayoría de los suelos con aptitud marginal para los tres pastos están restringidos por condiciones extremas de acidez y algunos por profundidad efectiva. Los suelos con restricciones de acidez podrían manejarse bajo enmiendas. Los suelos clasificados con aptitud marginal, o no aptos por profundidad efectiva podrían utilizarse en pastos bajo sistemas que no incluyan pastoreo sino corte, con el fin de evitar la degradación.

b. En los mapas de escenarios agroclimáticos, la probabilidad de déficit hídrico para el cultivo de los pastos para los sistemas de producción de ganadería bovina de leche de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica de los pastos, la cual puede ser baja o muy baja (tonos verdes) o media (tonos amarillos) (Palmer, 1965)². El déficit de agua en el suelo tiene un gran impacto sobre las etapas de desarrollo de los pastos, por lo tanto se hace necesario realizar una planeación forrajera y, conocer en qué época y en qué sectores del municipio se deban sembrar antes que una condición restrictiva ocurra. La escala de análisis espacial es 1:100.000.

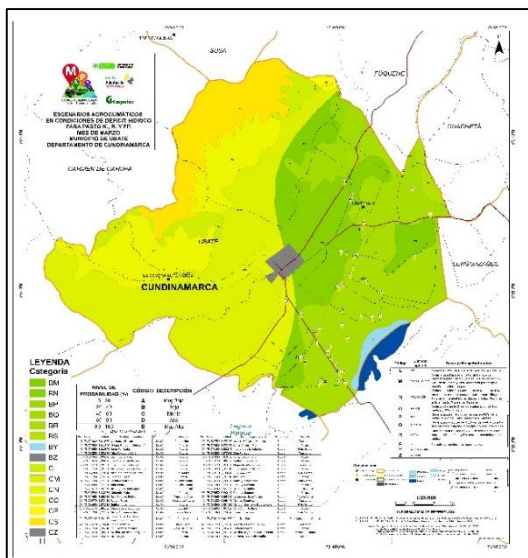
Para tener en cuenta: Los pastos para alimentación de ganado se establecen y crecen a lo largo del año, por lo cual las ventanas temporales de análisis se definieron teniendo en cuenta los registros históricos de precipitación para los meses con mayor (marzo a junio) y menor (junio a septiembre) acumulación de lluvias en Ubaté.

En la ventana de análisis I (marzo-junio) se encontró que en el mes de marzo gran parte del municipio presenta una probabilidad media (40-60%) de ocurrencia de sequía, lo cual representa una alta exposición a estrés hídrico para las pasturas. Los demás meses presentan probabilidades bajas, abril y junio entre 20 y 40%, y muy bajas, mayo presenta menos del 20% (Figura 5).

En la ventana de análisis II (junio- septiembre) las probabilidades de sequía fueron bajas en casi todo el municipio, sin embargo, al norte del municipio se presentó un área con probabilidad media de ocurrencia de déficit hídrico (40-60%) (Figura 6).

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.

Marzo



LEYENDA Categoría

BL
BM
BN
BO
BP
BQ
BR
BS
BY
BZ
CL
CO
CS

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

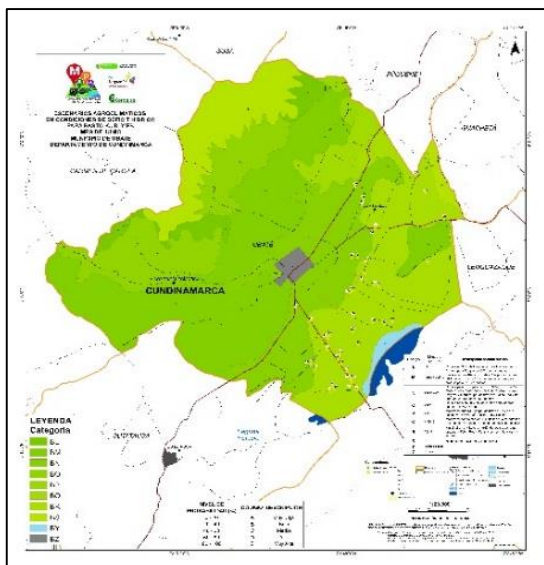
Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
L	A1	Óptima en 90 % de los suelos para los tres pastos.
M	A1(50R)A2f-re	Óptima para raigrás en 30 % de los suelos, moderada para kikuyo y falsa poa por acidez en 50 % de la unidad y 15 % moderada por riesgo a erosión para los tres pastos.
N	A1(35)-A2t	Óptima para los tres pastos en un 35 %, en un 40 % moderada por restricciones por textura para kikuyo y raigrás y, marginal por acidez para falsa poa; y no apto en un 25 % para los tres pastos.
O	A1(20)	Óptima sólo en 20 % de los suelos para los tres pastos y 80% no apto.
P	A2f	Moderada para kikuyo por acidez en 90 % de la unidad y en 55 % para falsa poa y raigrás.
Q	A2f(40)	Moderada por acidez en 40 % de los suelos para los tres pastos y marginal a no apto en 60 % por acidez.
R	A3f-N	Marginal para kikuyo en 75 % de los suelos y no apto para falsa poa y raigrás por condiciones de acidez.
S	N	No apto por suelos muy superficiales
Y	Cuerpo de agua	
Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para los pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en el sistema ganadería bovina de leche (municipio de Ubaté), ante condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis I (marzo-junio).

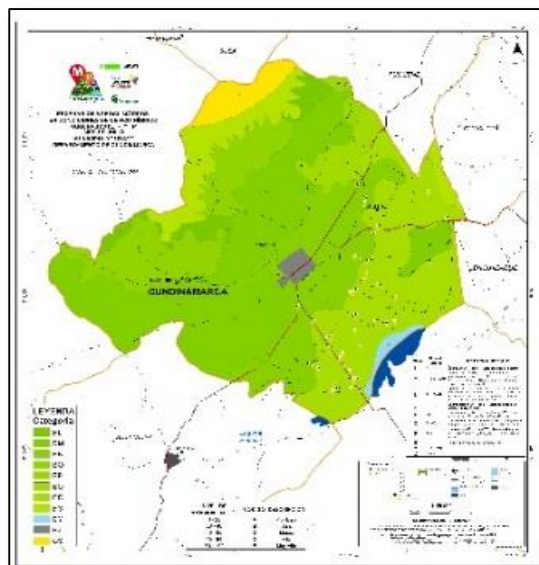
Fuente: Corpoica (2015).

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

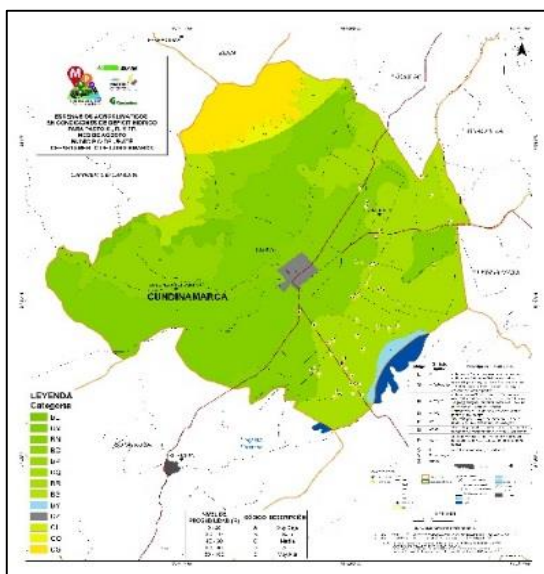
Junio



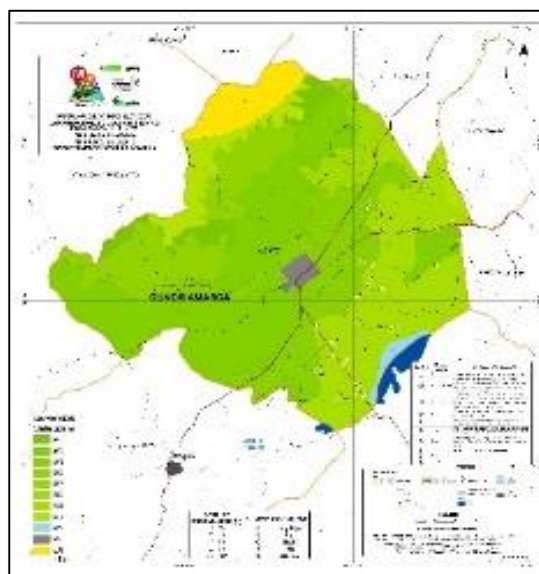
Julio



Agosto



Septiembre



LEYENDA Categoría

BL
BM
BN
BO
BP
BQ
BR
BS
BY
BZ
CL
CO
CS

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 suelos
L	A1	Óptima en 90% de los suelos para los tres pastos.
M	A1(50R)A2f-re	Óptima para raigrás en 35% de los suelos, moderada para kikuyo y falsa poa por acidez en 50% de la unidad, y 15% moderada por riesgo a erosión para los tres pastos.
N	A1(35)-A2t	Óptima para los tres pastos en un 35%, en un 40% moderada por restricciones por textura para kikuyo y raigrás, y marginal por acidez para falsa poa; y no apto en un 25% para los tres pastos.
O	A1(20)	Óptima sólo en 20% de los suelos para los tres pastos y 80% no apto.
P	A2f	Moderada para kikuyo por acidez en 90% de la unidad y en 55 % para falsa poa y raigrás.
Q	A2f(40)	Moderada por acidez en 40% de los suelos para los tres pastos y marginal a no apto en 60% por acidez.
R	A3f-N	Marginal para kikuyo en 75% de los suelos y no apto para falsa poa y raigrás por condiciones de acidez.
S	N	No apto por suelos muy superficiales
Y	Cuerpo de agua	
Z	Urbano	

Figura 6. Escenarios agroclimáticos mensuales para los pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en el sistema ganadería bovina de leche (municipio de Ubaté), ante condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis junio-septiembre.

Fuente: Corpoica (2015b).

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

Zonas de Ubaté en las cuales el sistema de ganadería bovina tendría un mayor o un menor riesgo de pérdida productiva

En el mapa de aptitud agroclimática de Ubaté se puede observar la aptitud de los pastos utilizados en el sistema productivo de la ganadería bovina de leche, en condiciones restrictivas por déficit hídrico (Figura 7). Este mapa integra la exposición mensual a deficiencias hídricas para los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), raigrás (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*), y la aptitud de los suelos. La escala de análisis espacial es 1:100.000.

Para la ventana de análisis I (marzo-junio) se identificaron las siguientes categorías de aptitud agroclimática para los pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en condiciones restrictivas de humedad por déficit hídrico (Figura 7).

Nichos productivos óptimos o con leves restricciones: representado por el tono verde oscuro en la Figura 7, ocupa el 31,9 % (3.170 ha) del área total municipal. Las restricciones de los suelos son por acidez y riesgo a la erosión para los tres pastos.

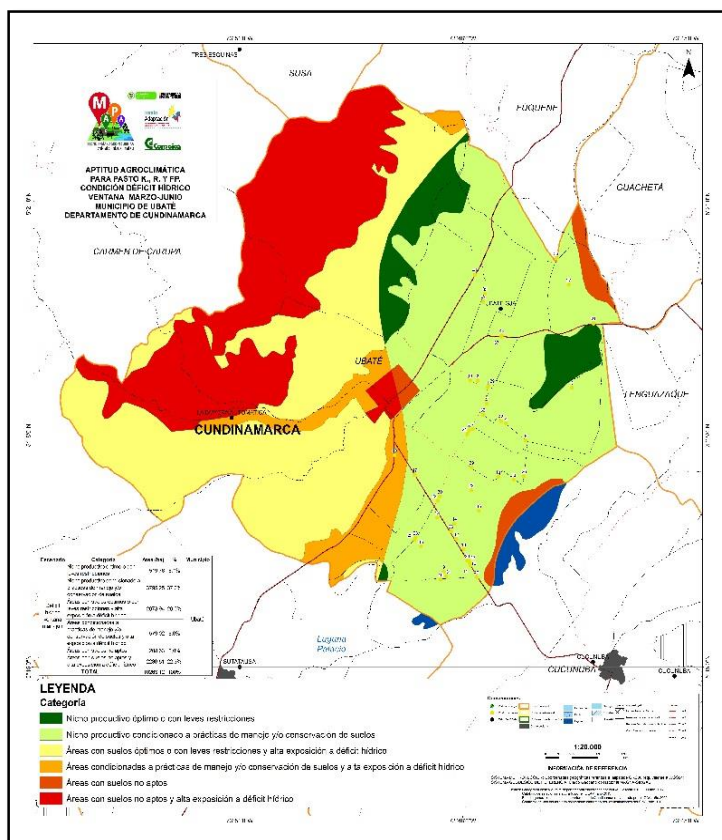
Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos: ocupa el 37% (3.795 ha) del área total del municipio y está representado por el tono verde claro en la Figura 7. La aptitud de los suelos es moderada por texturas y acidez, marginal por acidez y profundidad efectiva, y suelos no aptos.

Áreas suelos no aptos: con una ocupación de 2% (209 ha) del área total del municipio se encuentra representado por el tono naranja en la Figura 7. Estas áreas están restringidas principalmente por presentar condiciones extremas de acidez y profundidad efectiva.

Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico: esta categoría ocupa el 28% (2.874 ha) del área total del municipio y está representado con el tono amarillo en la Figura 7.

Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico: Corresponde al 5,6% (576 ha) del área total del municipio y está representado por el tono naranja claro en la Figura 7. Corresponde a un 5,6 % (576 ha) del área total del municipio.

Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico: Esta categoría corresponde al 22,3% del área total del municipio y se encuentra representado por el tono rojo en la Figura 7.



LEYENDA	
Categoría	
	Nicho productivo óptimo o con leves restricciones.
	Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos.
	Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico.
	Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico.
	Áreas con suelos no aptos.
	Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico.

Figura 7. Mapa de aptitud agroclimática de Ubaté para pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico. Ventana de análisis marzo-junio.

Fuente: Corpoica (2015b).

En la ventana de análisis II (junio-septiembre) se observa menores áreas afectadas por las condiciones de déficit hídrico en el suelo en comparación con la ventana de análisis I (marzo-junio) (Figura 8).

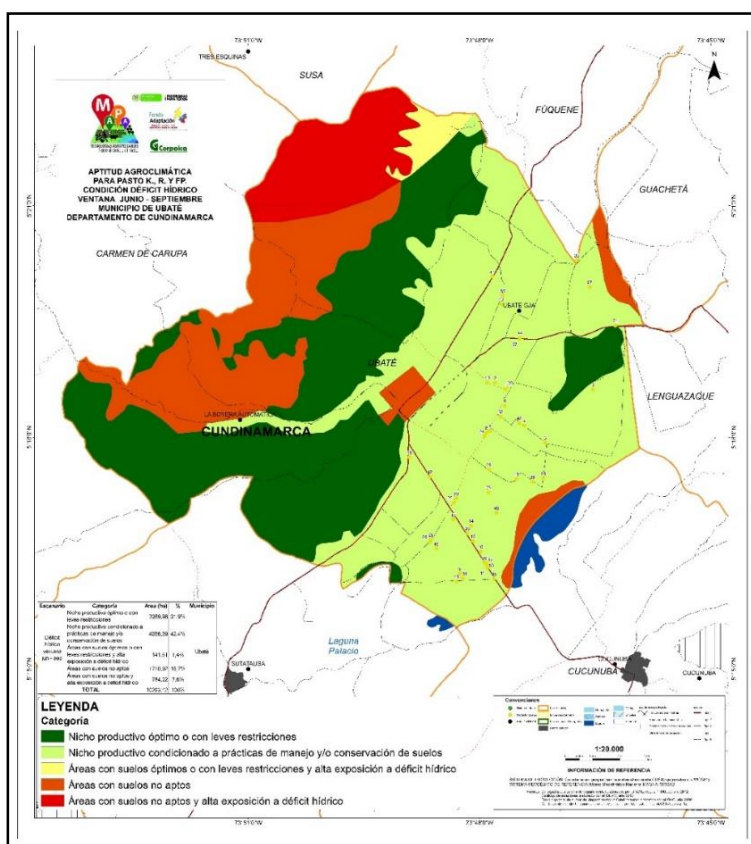


Figura 8. Mapa de aptitud agroclimática de Ubaté para pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico.

Ventana de análisis junio-septiembre.

Fuente: Corpoica (2015b).

En esta ventana de análisis (junio-septiembre) se identificaron las siguientes categorías de aptitud agroclimática para los pastos kikuyo, raigrás y falsa poa en condiciones restrictivas de humedad por déficit hídrico (Figura 8).

Nichos productivos óptimos o con leves restricciones: ocupa el 31,9 % del área total municipal y es representado por el tono verde oscuro en la Figura 8. Las restricciones de los suelos están dadas por acidez y riesgo a la erosión para los tres pastos.

Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos: con una ocupación de 42,6 % del área total del municipio está representado por el tono verde claro en la Figura 8. Estas áreas presentan suelos con una aptitud moderada por texturas y acidez, marginal por acidez y profundidad efectiva, y suelos no aptos.

Áreas suelos no aptos: con una ocupación de 16,7% del área total del municipio está representado por el tono naranja en la figura 8. Estas áreas se encuentran restringidas a la producción de pasturas principalmente por presentar condiciones extremas de acidez y profundidad efectiva en Ubaté.

Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico: ocupa el 1,4% del área total del municipio (142 ha) y corresponde al tono amarillo en la Figura 8.

Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico: ocupa el 7,6% del área total del municipio y se encuentra representado por el tono rojo en la Figura 8.

En condiciones de déficit hídrico en el suelo y durante los meses que conforman las ventanas de análisis, los productores asociados al sistema de producción de pastos para la ganadería bovina de leche en Ubaté se ubican en nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos. Los suelos poseen condiciones extremas de acidez y profundidad efectiva superficial, lo cual indica que las praderas de kikuyo, raigrás o falsa poa requieren de prácticas de manejo y de la implementación de esquemas de manejo, como por ejemplo la rotación de praderas.



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

Gestión de la información agroclimática-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, ya que permite identificar riesgos asociados y relacionar diferentes cultivos (pastos y cultivos forrajeros) con la climatología de cualquier área, para mejorar así la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

Información agrometeorológica: esta información puede emplearse para mejorar la toma de decisiones en el manejo de sistemas productivos. 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 a través de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: monitoreo de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Rendimiento de praderas: seguimiento del desarrollo y crecimiento de los pastos y forrajes.
- Prácticas agrícolas y de manejo empleadas: labores culturales, control de plagas, de enfermedades y de malezas, aforos, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan el desarrollo de los forrajes como excesos y déficits de agua, heladas y deslizamientos.



- Distribución temporal: periodos de crecimiento, épocas de siembra y de cosecha, días de descanso y ocupación de los potreros.
- Observaciones, técnicas y procedimientos utilizados en el desarrollo del sistema productivo.

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

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 de leche en condiciones de déficit hídrico del suelo en Ubaté

En esta sección se presentan recomendaciones sobre las opciones tecnológicas integradas-validadas con potencial para mitigar los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de la ganadería bovina de leche en Ubaté.

Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de marzo y octubre del 2015, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico (figura 9) y déficit hídrico en el suelo (figura 10). Durante este periodo se observa que la evapotranspiración de referencia (ET_0) fue superior a la precipitación en la mayoría de los meses en los que se llevó a cabo la validación (Figura 9).

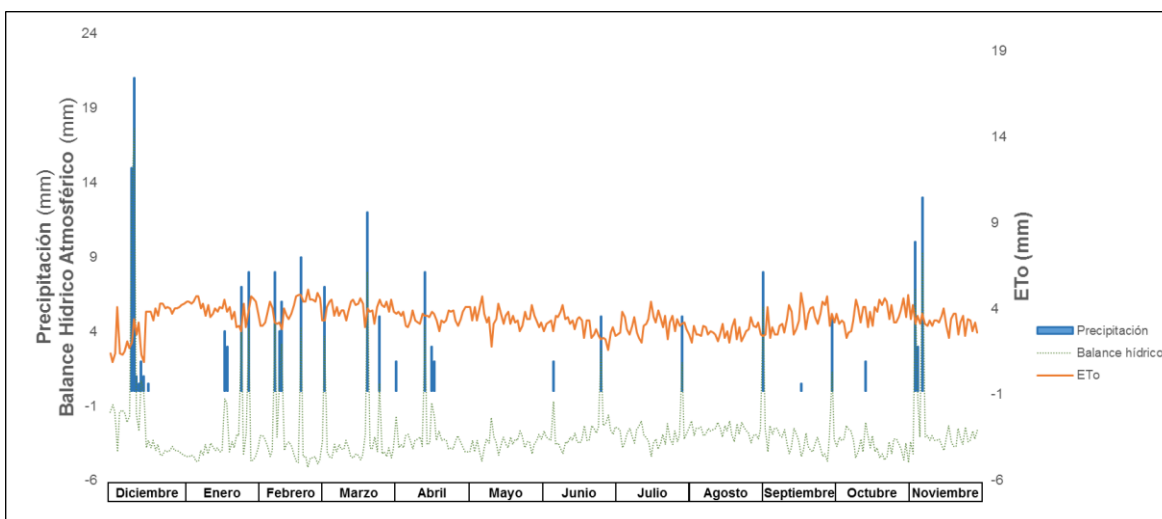


Figura 9. Balance hídrico del sistema productivo bovino lechero en Ubaté entre los meses de diciembre del 2014 y noviembre del 2015.

Fuente: Corpoica (2015b).

Lo anterior coincide con lo encontrado en el balance hídrico agrícola (Figura 10), en el cual se observa que el agua fácilmente aprovechable (AFA) es superada en la mayoría de los meses de evaluación de las opciones tecnológicas por el coeficiente de agotamiento (agua que es extraída del suelo) representado por D_r final. Este comportamiento se hace más evidente a partir del mes de mayo, en el cual el coeficiente de agotamiento es cercano al

agua disponible total en el suelo (ADT). El índice de estrés hídrico (Ks) indica que en valores cercanos a 1, como los presentados en el mes de diciembre de 2014, hay una condición leve de estrés hídrico, en contraste con la tendencia de valores cercanos a 0, que se presenta desde mediados de enero hasta mediados de octubre de 2015, condición que indica un mayor grado de estrés hídrico.

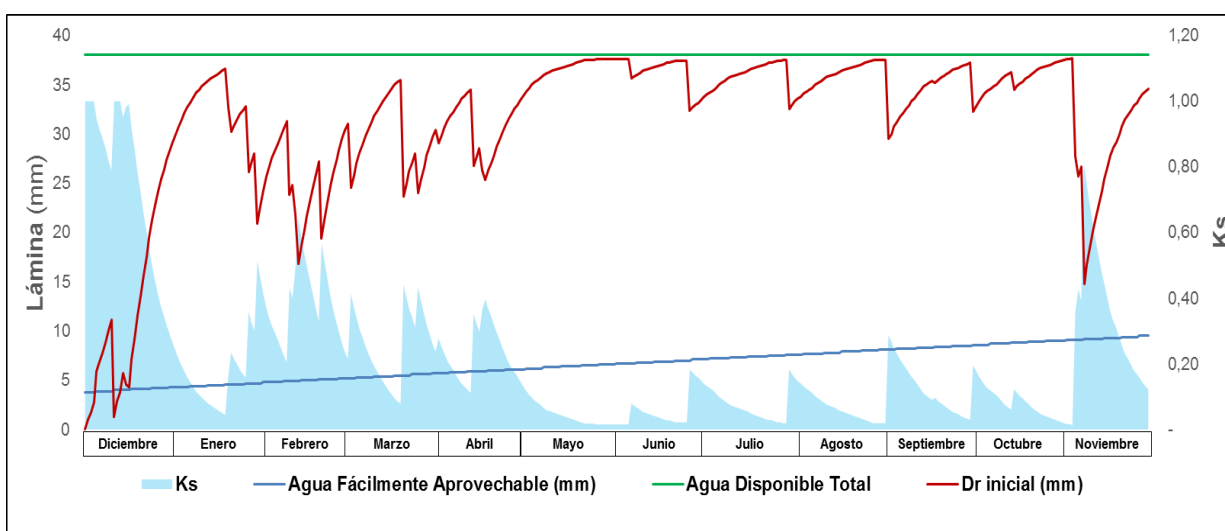


Figura 10. Balance hídrico agrícola entre diciembre del 2014 y noviembre del 2015 para la parcela de integración del sistema de la ganadería bovina de leche en Ubaté.

Fuente: Corpoica (2015b).

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

a) Suplementación estratégica con bloques multinutricionales energético-proteicos

El bloque multinutricional (BMN) es una práctica de fácil adopción que facilita el suministro de diversas sustancias nutritivas sólidas, como nitrógeno no proteico (NNP) presente en la urea, carbohidratos solubles a través de la melaza, almidones contenidos

en los salvados y harinas, macro y microminerales aportados por la sal mineralizada, y proteína verdadera (aminoácidos) a través de los salvados y harinas (Sansoucy, 1989) (Figura 11).



Figura 11. Bloque multinutricional utilizado en la parcela de integración de Ubaté.

Fuente: Corpoica (2016).

El BMN permite proporcionar lentamente al ganado, nutrientes como proteínas, minerales y vitaminas, entre otros, por medio de una presentación sólida de dureza adecuada que permite que los animales puedan ingerirlos al lamer o morder. De esta forma se satisfacen sus requerimientos nutricionales que no se suplen cuando la base alimenticia se deriva de forrajes fibrosos con bajos niveles de energía, proteína y minerales (Rivero, Salcedo, & Gómez, 2013).

Esta opción tecnológica alimenticia, que permite suplir el déficit nutricional, es una alternativa eficiente para la producción de leche bovina, la cual puede verse restringida por la disponibilidad de forraje que es afectado por condiciones de humedad restrictivas como consecuencia de déficit hídrico, en especial para los casos en que el pastoreo se realiza en praderas establecidas únicamente con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (Figura 12).



Figura 12. Explotación ganadera bovina lechera basada en pastoreo extensivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en Ubaté.
Fuente: Corpoica (2016).

En sistemas productivos de ganadería de leche en el departamento de Cundinamarca, como los que se encuentran en Ubaté, se debe procurar por el suministro de un BMN con características energéticas, es decir que los insumos utilizados para su elaboración sean ricos en azúcares, almidones y grasa sobrepasante, para lograr proveer energía al ganado de forma continua y controlada.

Existen diferentes fórmulas comúnmente utilizadas en ganaderías del trópico alto para la elaboración de un BMN, sin embargo para esta actividad se debe tener en cuenta la disponibilidad de las materias primas en la región. En la Tabla 3 se presenta una fórmula ejemplo para la elaboración de un BMN de 5 kg, la cual puede ser implementada en la alimentación de los animales de dichos sistemas productivos bovinos lecheros.

Tabla 3. Fórmula para la elaboración de un BMN de 5 kg. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de leche, en Ubaté.

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

Fuente: Corpoica (2016).

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

Para la elaboración de un BMN primero se deben seleccionar las materias primas, de consecución local en lo posible, que puedan proporcionar energía, minerales, proteína, fibra y aglutinación. Después se definen las proporciones de cada elemento a incluir dentro de la elaboración del BMN (Figura 13), partiendo de los requerimientos nutricionales de los animales y de las actuales condiciones de déficit en energía y/o proteína, tanto de las animales como de las pasturas.



Figura 13. Elaboración de BMN en las instalaciones del Centro de Investigación Tibaitatá de Corpoica.
Fuente: Corpoica (2016).

Es posible la fabricación de los BMN tanto a nivel artesanal como semi-industrial. El proceso artesanal se compone de las etapas preparación de los componentes, mezcla, moldeo y secado. Por otra parte la fabricación semi-industrial se realiza a través de una máquina denominada *Cimva RAM*, la cual generalmente es usada en labores de construcción para la elaboración de bloques de adobe y que con algunos ajustes permite el moldeo del BMN (Figura 14).



Figura 14. Proceso de moldeo semi-industrial del bloque multinutricional a través de máquina Cimva RAM.
Fuente: Corpoica (2016).



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

Una vez transcurrido el tiempo de secado la dureza del BMN se puede comprobar mediante un método conocido como identificación de dureza por rebote, el cual consiste en levantar el bloque hasta una altura de 1 m aproximadamente y dejarlo caer. El impacto deber causar poco o ningún daño y, de esta forma, el BMN estará listo para ser suministrado a los animales; de lo contrario aspectos como el moldeo, el porcentaje de inclusión del aglutinante o el tiempo de secado deberán ser verificados.

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

b) Suplementación estratégica energético-proteica

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

Recursos alimenticios tales como leguminosas arbustivas, residuos de cosecha y subproductos agroindustriales permiten proveer nutrientes de bajo costo y fácil utilización. A través de ellos el productor desarrolla nuevas estrategias de alimentación que mejoran la productividad de las empresas ganaderas y disminuyen el impacto negativo de la estacionalidad de la producción de forrajes (Arreaza *et al.*, 2002).

La suplementación estratégica permite proporcionar una alimentación balanceada a través de la cual se puede obtener una producción rentable de leche, como también buenos índices reproductivos y ganancias de peso en los bovinos (Sánchez, 2007).

Para la elaboración de este suplemento se requiere de una tolva dentro de la cual se agregan los ingredientes y estos se revuelven hasta conseguir homogeneizarlos logrando una mezcla consistente, la cual sea palatable para los animales. Este suplemento se puede dar en 2 dosis durante el día a los animales, por ejemplo previo al ordeño (Figura 15).



Figura 15. Consumo de suplemento estratégico energético proteico en vacas. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de leche especializada, en Ubaté.

Fuente: Corpoica (2016).

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

Al consolidar estos resultados se realizó un balance de la alimentación, que permitió determinar deficiencias de ENL, PC, Ca y P. Después se procedió a utilizar la herramienta *Solver*⁴, de la hoja de cálculo Excel para formular un suplemento energético-proteico por programación lineal a mínimo costo, determinando así las proporciones en las cuales las materias primas deben ser mezcladas para satisfacer las concentraciones de los nutrientes (Tabla 4).

Tabla 4. Formulación de suplemento (energético-proteico) por programación lineal a mínimo costo. Parcela de integración sistema productivo ganadería bovina de leche en Ubaté.

FORMULACIÓN A MÍNIMO COSTO	Unidad	HARINA MAÍZ *	PALMISTE *	SEMILLA ALGODÓN *	HARINA ARROZ **	GLICERINA *	TORTA SOYA **	FOSFATO BICALCICO ***	SOLUCIÓN	Requerimientos nutricionales en la mezcla.
Precio/kg	\$	750	570	650	750	625	1.600	1.600		
Humedad	(%)	13,0	8,6	8,0	12,8	9,3	12,0	2,0	10,27	
Proteína (PC)	(%)	9,9	15,9	20,4	7,5	3,1	44,0	0,0	17,49	17,204
Calcio (Ca)	(%)	0,13	0,27	0,11	0,04	0,04	0,29	24,00	0,69	0,68
Fósforo (P)	(%)	0,48	0,58	0,53	0,10	0,24	0,61	17,70	0,82	0,756
Sodio (Na)	(%)	0,02	0,03	0,02	0,02	1,60	0,02	0,07	0,18	
ENL_ Requerimientos totales	Kcal/kg	1.673	1.760	1.940	1.910	1.920	1.795	0,0	1.805,94	1782
Porcentaje de materias primas a mezclar	%	12	15	25	20	10	16	2	100	
Costo materia prima a mezclar		87,75	85,50	162,50	150,00	62,50	256,00	36,80	841,05	Costo/KG de suplemento

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

*** Etiqueta del producto comercial. Fuente: Corpoica (2016).

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

c) Evaluación de la suplementación alimenticia a través del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*)

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

El ensilaje es una forma de conservar alimento dentro de una estructura hermética llamada silo, sin que se afecten sus características. La calidad de este suplemento está directamente relacionada con la calidad original del material forrajero ensilado. (Gavilanes, 2011).

Luego que se confirma el estado de maduración de la avena forrajera, se realiza la cosecha mediante una hoz o una macaneadora. Después se transporta el material cosechado al sitio de picado, en el cual, a través de una pica-pasto que garantice un tamaño de picado aproximado a los 1,5 cm, con el material bien partido, que tenga entre un 7 y 12% de partículas de más de 2,5 cm pero nunca mayor a 8-10 cm.

El proceso de empacado del material se realiza en bolsas para ensilaje calibre siete de forma manual o a través de una máquina ensiladora (Silo Pack J401®). El material a ensilar se puede diluir utilizando melaza, la cual se mezcla con agua a una proporción de 30 kg de melaza por 60 l de agua (Figura 16).



Figura 16. Actividades para la elaboración y almacenamiento en bolsas de ensilaje de avena forrajera en la parcela de integración del sistema productivo ganadería bovina de leche en Ubaté.
Fuente: Corpoica (2016).

Finalmente, las bolsas se almacenan en un lugar cubierto y libre del daño por roedores (Figura 16). Es necesario esperar al menos entre 25 a 40 días antes de abrir el silo para utilizar el ensilaje, ya que así se asegura que el proceso de ensilado ha alcanzado la fase de estabilización (Arreaza *et al.*, 2012). El ensilaje se puede suministrar a las vacas a razón de 8 kg/día.

Para la evaluación del ensilaje, el diagnóstico de su calidad y valor nutritivo se deben considerar algunos análisis químicos o bromatológicos, biológicos y organolépticos. Los análisis organolépticos, es decir las determinaciones visuales, olfativas y táctiles del ensilaje; se pueden desarrollar en los predios de la siguiente manera y evaluando los aspectos que se describen a continuación.

Color: corresponde a la gama de colores del verde al marrón oscuro. El color es indicador de las condiciones de almacenamiento, del grado de humedad del material y de la presencia de hongos. En el caso de ensilaje de avena el verde de tono ligeramente “oliva” indica condiciones adecuadas de procesamiento y almacenamiento. Marrón oscuro y manchas blancas indica presencia de hongos.

Olor: Se encuentra entre el suave perfume a vinagre y un olor rancio putrefacto. Indica si las condiciones de procesamiento fueron adecuadas (vinagre), fermentación hiperacética-

material húmedo (avinagrado); fermentación butírica (putrefacta y rancia); fermentación alcohólica (olor a alcohol).

Textura: Corresponde a la flexibilidad y humedad de tallos y hojas, y a aspectos del grano. La textura en el ensilaje de avena forrajera indica el estado en el que el cultivo se ha procesado y preservado. Algunas consideraciones son tallos muy leñosos y trozos visibles de zoca; material seco, disparejo, áspero y “mullido”; forraje que “moja” o está “resbaloso”; granos pastosos y suaves al tacto o granos duros y vítreos; y granos inmaduros con aspecto “lechosos”. Estas determinaciones son indicadores del estado en que el cultivo se ha procesado y preservado.

Tan pronto se abra el silo el ensilaje debe ser consumido dado que al contacto con el aire este pierde calidad y si el tiempo de exposición es muy largo el producto se puede podrir.

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

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas luego de integrarlas al manejo convencional que hacen los productores bovinos lecheros de Ubaté

Las ventajas comparativas de las opciones tecnológicas validadas, como un componente adicional a este sistema de ganadería bovina, están presentadas bajo una condición restrictiva por déficit hídrico en el suelo. Estas tecnologías se validaron en un nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos por lo que es un marco de referencia y su eventual implementación en otro predio del municipio de Ubaté, con un sistema productivo de ganadería de leche, se debe ajustar a la zonificación de aptitud agroclimática.

La suplementación estratégica energético proteica suministrada en conjunto con el ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*) favoreció la producción de leche durante el periodo de validación tecnológica. En la tabla 5, se observa en promedio una producción en litros de leche diaria para el manejo tradicional (MT) de 7,6 l/vaca, mientras que con el esquema suplemento más ensilaje la producción diaria promedio estuvo en 10,6 l/vaca. Un aumento productivo de 2,9 litros luego de implementada la opción tecnológica. En cuanto a la grasa también hubo un aumento en 0,9 de la opción tecnológica frente al esquema de manejo tradicional.

Tabla 5. Relación de aspectos productivos entre esquemas de manejo para ganadería bovina de leche en la parcela de integración, en Ubaté.

Período de evaluación	Esquema de manejo	Producción de leche (l/vaca/día)	Grasa (%)
marzo-octubre 2015	Manejo tradicional	7,6	3,42
	Opción tecnológica	10,6	3,51

Fuente: Corpoica (2016).

Para la opción tecnológica bloques multinutricionales energéticos-proteicos se encontró que las terneras ganaban en promedio 300 g/día, mientras que con el esquema de manejo tradicional estos animales ganaban en promedio 214 g/día.

Los BMN no reemplazan la disponibilidad de forraje en la alimentación de las terneras ni sustituye la falta de alimentos en las épocas de déficit hídrico. Sin embargo, el BMN se utiliza con el fin de suplementar nutrientes deficientes en la dieta y, promover la producción de proteína bacteriana en el rumen y mejorar la digestibilidad.

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo bovino lechero a déficit hídrico en el suelo, en Ubaté

Con el propósito de disminuir la vulnerabilidad del sistema de la ganadería bovina de leche en Ubaté se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnológicas que aumenten la capacidad adaptativa del sistema.

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

a. Renovación de praderas: es una práctica que desarrollada de forma organizada y planificada permite al sistema productivo adaptarse a condiciones restrictivas de humedad en el suelo (Sánchez, *et al.*, 2013a), a través de la renovación de las pasturas que han sufrido un proceso de degradación. El proceso de renovación de praderas incluye la siembra de una o más especies forrajeras (gramíneas o leguminosas) susceptibles de ser pastoreadas, que proporcionen diversidad a la pradera, incrementen su calidad nutricional y garanticen la alimentación de vacas en producción en el sistema de ganadería de leche.

La renovación de praderas incluye la siembra de una o más especies forrajeras deseables, susceptibles de ser pastoreadas, que proporcionen diversidad a la pradera e incrementen su calidad nutricional.

Una pradera se debe manejar como un sistema productivo por lo cual es necesario implementar diferentes prácticas agronómicas que garanticen su adecuado desarrollo.

La práctica de renovación debe considerar los siguientes criterios:

Condiciones agroecológicas del predio. Junto con el análisis agroclimático descrito en la sección 1, es importante conocer las condiciones agroecológicas del predio a renovar. Se deben considerar aspectos como la altura sobre el nivel del mar, topografía y paisaje en el que se encuentra ubicado el predio para determinar las posibilidades de mecanización, precipitación anual promedio, tipo y textura del suelo, ph, presencia de arvenses, valores promedio de temperatura mínima, máxima y media; entre otros.

Además, se debe tener en cuenta el análisis físico y químico del suelo cuyos resultados permiten determinar la estrategia de acondicionamiento de este para lograr un mejor desarrollo y rendimiento de las pasturas (Sánchez *et al.*, 2013a).

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

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

Material de siembra. Se debe considerar que para la propagación de los pastos, y en este caso para renovar una pradera, existen semillas botánicas y material vegetativo, las cuales pueden ser gramíneas o leguminosas, aunque también es importante las condiciones agroecológicas del predio con el fin de definir la especie que mejor se adapte, la más propicia para propagar y que permita llevar a cabo la renovación de la pradera. De esta manera se busca evitar intervenciones considerables y sobrecostos por concepto de adecuación de tierras.

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

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

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

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

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

- La desbrozadora posee cuchillas rotatorias que cortan y pican el material inerte y colchones de pasto en trozos pequeños, permitiendo que estos materiales se incorporen al suelo como materia orgánica.
- El renovador, mediante cinces rígidos o vibratorios, descompacta el suelo y restituye la circulación de aire y agua, favoreciendo el desarrollo radicular de los materiales forrajeros existentes y aquellos a establecer (figura 17).



Figura 17. Actividades de mecanización previa para la renovación de praderas.
Parcela de integración sistema productivo ganadería de leche, Ubaté. Fuente: Corpoica (2016).

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

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

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

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

Si la renovación se realiza utilizando material vegetativo, y la siembra se realiza en surcos, la distancia recomendada entre los surcos puede ser entre 60 a 80 cm y entre plantas de 30 a 50 cm. No obstante, es pertinente evaluar las especificaciones que tiene la especie forrajera seleccionada.

En la tabla 6 se presenta una recomendación que incluye la densidad de siembra según especie, gramínea o leguminosa, en el proceso de renovación de praderas.

Tabla 6. Participación de gramíneas y leguminosas para intersembra en el proceso de renovación de praderas. Parcela de integración del municipio de Ubaté.

	Especie	Densidad de siembra (kg/ha)
Gramíneas	Raigrás bóxer	30
	Azul orchoro greenly	10
Leguminosas	Trébol rojo gigante	5
	Trébol blanco gigante	3

Fuente: Corpoica (2016c).

Es pertinente recordar que si la semilla se mezcla con fertilizantes nitrogenados o potásicos esta se puede quemar y no germinar. Por otra parte, la profundidad de siembra es cinco veces el diámetro de la semilla.

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

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

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

Se debe fertilizar cuando exista una buena humedad, al inicio de las lluvias y en lo posible cada 3 o 4 periodos rotacionales.

Manejo de arvenses. Las arvenses son plantas de diferentes especies que suelen invadir los lotes de pastos. Estas plantas compiten por luz, agua, espacio y nutrientes con las

gramíneas y leguminosas deseables; inhiben su normal crecimiento, reducen el área disponible y por lo tanto el volumen potencial de forraje (Sánchez, *et al.*, 2013b).

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

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

Riego. Se debe garantizar la humedad en el suelo para el correcto desarrollo de las especies involucradas en la renovación, especialmente en épocas de sequía y en zonas como el municipio de Ubaté, donde la distribución de las lluvias no es uniforme a lo largo del año (figura 9). Para ello se recomienda calcular el caudal de riego y regar por lo menos una vez por semana, considerando la capacidad que tiene el suelo de almacenar agua y las necesidades hídricas de los pastos; por ejemplo pastos como el kikuyo, el azul orchoro, algunos raigrases y tréboles requieren entre 600 y 800 mm anuales para su desarrollo (Bernal, 2005).

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

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

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

Sistema silvopastoril de ramoneo. Este sistema permite mejorar las condiciones microclimáticas y de calidad nutricional de la pradera. Las especies involucradas son de rápido crecimiento y facilidad de rebrote, permitiendo el consumo directo de forraje de alto valor nutricional para los animales mediante el ramoneo de los árboles. Para un adecuado aprovechamiento de este sistema los árboles deben mantener una altura máxima de 2 m, con el objeto de facilitar el ramoneo por el animal (Uribe *et al.*, 2011).

- **Sistema silvopastoril de cerca viva.** Corresponde a siembras lineales de arbustos y/o árboles, en uno o varios estratos y de forma perpendicular a la dirección principal del viento para reducir los efectos de la erosión eólica sobre el suelo. Se utilizan para dividir potreros, proteger taludes, establecer linderos entre propiedades, como barreras rompevientos, fuente de leña, carbón, madera, frutos o forraje; y en la rivera de los ríos, quebradas y nacimientos de agua (Uribe *et al.*, 2011).

Este tipo de sistema permite la protección de cultivos, ganado, infraestructura y suelo. Consiste en el establecimiento de una o más hileras de árboles, como una barrera para detener el viento o para reducir su intensidad. En la zona se pueden utilizar plántulas o brotes de los siguientes árboles: leucaena (*Leucaena leucocephala*), matarratón (*Gliricidia sepium*), tilo (*Tilia platyphyllos*), botón de oro (*Tithonia Diversifolia*), sauco (*Sambucus nigra*), chachafruto (*Erythrina edulis*) entre otros.

- **Sistema silvopastoril de bancos forrajeros.** Hace referencia a especies arbustivas que pueden ser consideradas como proveedoras de proteína o energía para el ganado. Este arreglo silvopastoril puede ser mixto cuando la especie involucrada posee condiciones energéticas y proteicas. En este tipo de sistema se destaca la alta densidad de siembra del material vegetal, se describen como áreas compactas, cercanas a las instalaciones de manejo y alimentación de los animales (corrales, establos, etc.) destinadas exclusivamente a la producción de grandes volúmenes de forrajes de alta calidad para su utilización en elaboración de suplemento alimenticio animal. Su utilización puede darse bajo dos sistemas: corte o pastoreo.

Por ejemplo, en el sistema de corte se estimula el consumo al ofrecer picado el alimento a los animales, reduciendo el desperdicio. Este sistema puede

establecerse con distancias de siembra entre 0,25 m y 1 m entre arbustos forrajeros y 1 m de distancia entre surcos (Pezo & Ibrahim, 1998).

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de ganadería bovina de leche en Ubaté (Cundinamarca), consulte el SE-MAPA.

Como se expuso en la sección 1 y 2, son dos los determinantes del riesgo agroclimático: la amenaza y la vulnerabilidad. El primero se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas y el segundo a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última se aumenta con la implementación de opciones tecnologías integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

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

Sección 3. Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de la ganadería bovina de leche en Ubaté

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 sobre adoptar las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio se basa en los resultados de viabilidad de los modelos microeconómicos, la exposición agroclimática del área donde se encuentran localizados y, los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos ante los eventos climáticos críticos de exceso o de déficit hídrico.

Para cada uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo a 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

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 se empleó también 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 y así se generaron diferentes soluciones de viabilidad según las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios se generaron mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. En consecuencia, los dominios 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 respecto a la adopción de las tecnologías se basó en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, que da como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de la ganadería bovina de leche en Ubaté

En la tabla 7 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se presenta el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición de déficit hídrico para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es baja para los todos los productores. El grado de sensibilidad que presentan los sistemas de ganadería de leche de los productores de Ubaté ante un evento de déficit hídrico es medio para el dominio uno y bajo para el dominio dos. Así mismo la capacidad adaptativa es media para el dominio uno, pero es baja para el dominio dos.

Finalmente, la última columna de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la suplementación vía uso de ensilaje de avena en sistemas alimenticios basados en pasturas de acuerdo a las características de los productores de cada dominio y, además establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso resulta viable el uso de este esquema alimenticio para los animales de la zona.

Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de ganadería de leche de Ubaté.

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con esquemas de producción con ordeño manual y baja exposición a la condición de déficit hídrico.	Baja	Media	Media	Viable
2. Productores con esquemas de producción con ordeño mecánico y con baja exposición a la condición de déficit hídrico.	Baja	Baja	Baja	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio

Domino uno

Los productores del dominio uno se encuentran ubicados en zonas que son nichos productivos óptimos o con leves restricciones para la explotación bovina lechera, además tienen menor probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico, lo que los ubica como un grupo con baja exposición agroclimática. Por su parte la sensibilidad de estas explotaciones ganaderas es de grado medio, lo cual obedece principalmente a que el ordeño se hace manualmente, aunque en su mayoría los animales están en las mismas etapas productivas, pero utilizan suplementos alimenticios adecuados. Por su parte la capacidad de adaptación de estos productores es de grado medio, pues son productores dueños de los predios, pero presentan muy baja disponibilidad o uso de créditos bancarios y baja disponibilidad de mano de obra familiar (figura 18).



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

De acuerdo al análisis socioeconómico la opción de suplemento alimenticio propuesto con uso de ensilaje de avena resulta viable, respecto al comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. En adición, este tipo de producción constituye una alternativa factible y de mejor respuesta financiera para el productor con relación al uso de solo el esquema de pastoreo. No obstante, se resalta que debido a que los productores se encuentran ubicados en zonas de baja exposición agroclimática, la inclusión del suplemento alimenticio constituye una opción de fortalecimiento del sistema, y, en menor medida, una estrategia de mitigación de los efectos adversos de una condición de déficit hídrico.

El dominio de recomendación uno está dirigido a productores que utilizan para la producción prácticas de ordeño manual. En promedio son productores más pequeños y con disposición de menor cantidad de bovinos por cantidad de área (2,8 bovinos por ha). Los resultados del modelo microeconómico, estimado para dos años, sugieren que el sistema productivo es altamente sensible a la oscilación de precios de la leche, los cuales son resultado de los periodos de limitación productiva por condiciones restrictivas de déficit hídrico en el suelo.

Dada la cantidad de bovinos por hectárea que presentan los productores de este dominio, se tiene que para un productor representativo (un productor con 9 ha y 26 bovinos), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al establecimiento de pastura y en mínima proporción a la siembra de avena para ensilaje. En términos

prácticos, se debe disponer de aproximadamente 7,5 ha para el establecimiento de pasturas (0,28 ha por cada bovino en proporción) y un área de aproximadamente 1 ha para la siembra de ensilaje (0,03 ha por cada bovino).

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

Dominio dos

Los productores del dominio dos presentan una exposición agroclimática de grado bajo ante una condición de déficit hídrico, esto se debe a que presentan menor probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico y se encuentran ubicados en suelos productivos aptos para la explotación ganadera bovina de leche. Por su parte estos sistemas productivos tienen un grado bajo de sensibilidad, pues manejan producciones mediante ordeño mecánico, utilizan buenos esquemas de suplementación alimenticia en sus hatos y existe un control productivo eficiente. Finalmente los productores de este dominio presentan un grado bajo de capacidad de adaptación, dado que tienen bajo acceso o uso de crédito bancario, baja disponibilidad de mano de obra familiar y no presentan buenos acuerdos de comercialización de los productos (Figura 19).

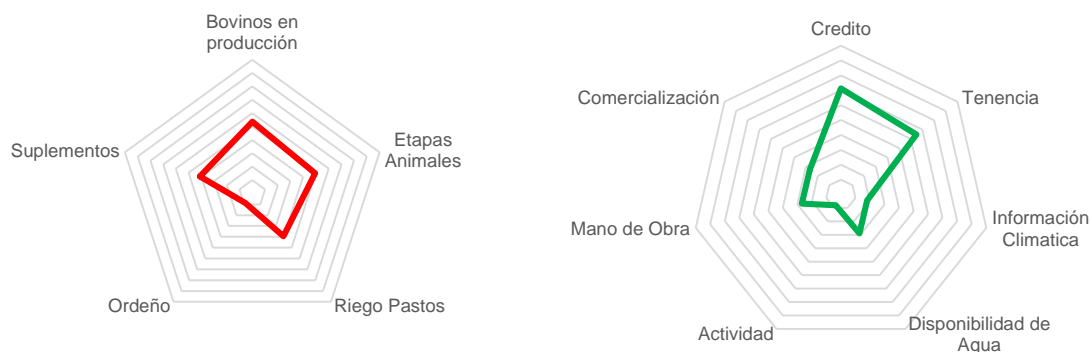


Figura 19. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio dos.

La suplementación alimenticia con ensilaje de avena resulta viable de acuerdo al análisis socioeconómico en relación al comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. No obstante, se resalta que debido a que los productores se encuentran ubicados en zonas de baja exposición agroclimática, la implementación de esta opción tecnológica alimenticia constituye una opción de fortalecimiento del sistema y, en menor medida, una estrategia de mitigación de los efectos adversos de una condición de déficit hídrico.

El dominio de recomendación dos está dirigido a productores que utilizan para la producción prácticas de ordeño mecánico. En promedio son productores más grandes y con disposición de mayor cantidad de bovinos por cantidad de área (3,5 bovinos por ha). Los resultados del modelo microeconómico, estimado para dos años, sugieren que el sistema productivo es altamente sensible a la oscilación de precios de la leche, los cuales son resultado de los periodos de limitación productiva por condiciones restrictivas de déficit hídrico en el suelo.

Dada la cantidad de bovinos por hectárea que presentan los productores de este dominio, se tiene que para un productor representativo (un productor con 17 ha y 61 bovinos), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al establecimiento de pastura y en mínima proporción a la siembra de avena para ensilaje. En términos



prácticos, se debe disponer de aproximadamente 15 ha para el establecimiento de pasturas (0,25 ha por cada bovino) y un área de aproximadamente de 1,6 ha para la siembra de ensilaje (0,026 ha por cada bovino).

Comparando ambos esquemas de producción, se tiene que bajo el manejo tradicional en un escenario restrictivo por déficit hídrico los productores no tendrían que vender bovinos pues la oferta alimenticia es suficiente, no obstante el esquema bajo la opción de ensilaje de avena constituye un esquema de producción de mayor eficiencia.



REFERENCIAS

- Albarracín, L., & Londoño, C. (2012). *Elaboración de bloques nutricionales*. Tibaitatá: Corpoica.
- Arreaza, L., Reza, S., Medrano, J., Roncallo, B., & Mateus, B. 2002. Guía para la suplementación energético-proteica de bovinos en el trópico. En: alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne en el trópico bajo (Memorias seminario). Plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana. CORPOICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, FEDEGAN. Bogotá, pp. 29-40.
- Arreaza, L., Amado, G., Londoño, C., Ballesteros, D., & Herrera, J. (2012). *Recomendaciones para la fabricación de ensilajes con cereales en climas fríos*. Bogotá: Corpoica, Produmedios.
- Bernal, L. (2005). *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas*. Lima, Perú: Dirección General de Promoción Agraria. Ministerio de Agricultura.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2005). Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En Corpoica (Ed.), Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones de caribe y valles interandinos (pp. 1-10). Mosquera: Produmedios.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2013). *Plan para el manejo de los impactos en el sector agropecuario ocasionados por la emergencia Invernal*. Bogotá: Universidad Tecnológica Pedagógica de Colombia-UPTC, 4D Elements Consultores y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Sede C.I Tibaitatá.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015a). *Componente 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. Proyecto de Reducción y Adaptación al cambio climático..*



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015b). *Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática de pastos para ganadería de leche (Ubaté), caña panelera (Utica) y mango (Anapoima). Proyecto de Reducción y Adaptación al cambio climático.*

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2016). *Informe Final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de ganadería de leche, municipio de Ubaté. Departamento de Cundinamarca. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático.*

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

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

Gavilanes, C. (2011). Ensilaje una alternativa para la ganadería en Colombia. *Revista El Cerealista*, 98, pp. 14-40.

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.

Mejía, S., Cuadrado, H., & Rivero, T. 2013. *Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región caribe colombiana.* Mosquera. Corpoica.

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

Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce. Research Paper No. 45. Washington: Department of Commerce.

Pérez, C., & Adonis, P. (Eds.) (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. Recuperado de <http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>.
- Pezo, D. & Ibrahim, M. (1998). *Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Reza, G., Mejía, K., Cuadrado, C., Torregroza, S., Jiménez, M., Espinosa, C., & Palencia, C. (2011). *Experiencia en la implementación de modelos intensivos de producción de carne en pasturas fertirrigadas en el valle del Sinú*. Boletín técnico. Mosquera. Corpoica.
- Rivero, T., Salcedo, E., & Gómez, W. (2013). *Elaboración de bloques multinutricionales (BMN) para la alimentación de rumiantes de la región caribe*. Mosquera. Corpoica.
- Sansoucy, R. (1989). *Los bloques de melaza-urea como suplemento multinutriente para rumiantes*. Taller de la Fundación Internacional para la ciencia sobre la melaza como recurso para la alimentación animal. Universidad de Camaguey, Cuba, julio 13-18. Mimeog. 16p.
- Sánchez, L., Mejía, S., Jiménez, F., Echeverri, J., Jaramillo, F. (2002). *Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico bajo*. En: alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne en el trópico bajo (Memorias seminario). Plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana. CORPOICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, FEDEGAN. Bogotá, pp. 29-40.
- Sánchez, J. (abril, 2007). *Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero*. Conferencia presentada en el XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela. Recuperado de: <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/forrajes.pdf>.
- Sánchez, L., Benavides, J., Londoño, C., Castillo, J., & Torres, D. (2013a). *Recuperación de suelos y praderas en sistemas de producción de leche especializada de trópico alto*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica. Centro de Investigación Tibaitatá.



Sánchez, L., Londoño, C., Benavides, J., Castillo, J., & Torres, D. (2013b). *Recuperación de suelos y renovación de praderas en sistemas de producción de leche especializada de trópico alto*. Corpoica.

Uribe, F., Zuluaga, A., Murgueitio, E., Valencia, L., Zapata, A., Solarte, L., ... & Soto, R. (2011). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Manual 1. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. Bogotá: GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingrese por:

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

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