



Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia:

SECTOR GANADERO

2015



DNP Departamento
Nacional
de Planeación



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN



BID

IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

SECTOR GANADERO

Jeimar Tapasco, Jesús Martínez, Silvia Calderón,
Germán Romero, Daniel A. Ordóñez, Andrés Álvarez,
Leonardo Sánchez-Aragón, Carlos E. Ludeña



DNP Departamento
Nacional
de Planeación



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales





Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Ganadero / Jeimar Tapasco, Jesús Martínez, Silvia Calderón, Germán Romero, Daniel A. Ordóñez, Andrés Álvarez, Leonardo Sánchez-Aragón, Carlos E. Ludeña

p. cm. — (Monografía del BID; 254)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Economic impact analysis—Colombia. 2. Climatic changes—Colombia. 3. Livestock productivity—Colombia. 4. Food supply—Colombia. I. Tapasco, Jeimar. II. Martínez, Jesús. III. Calderón, Silvia. IV. Romero, Germán. V. Ordóñez, Daniel A. VI. Álvarez, Andrés. VII. Sánchez-Aragón, Leonardo. VIII. Ludeña, Carlos E. IX. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático y Sostenibilidad. X. Series.

IDB-MG-254

Clasificación JEL: Q54, Q16, O54

Palabras clave: cambio climático, sistemas silvopastoriles, pasturas, ganadería, Colombia

Este documento es uno de los análisis sectoriales que conforman la serie "Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia" del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), desarrollado en conjunto con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), en el marco del Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático (ERECC) en América Latina y el Caribe, coordinado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

El presente documento fue preparado por Jeimar Tapasco y Jesús Martínez (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT), bajo la coordinación de Silvia Calderón, Germán Romero, Alejandro Ordóñez y Andrés Álvarez del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y Carlos Ludeña y Leonardo Sánchez-Aragón (BID) y los aportes de Carlos de Miguel, Karina Martínez y Mauricio Pereira (CEPAL). Se agradece a Jesús Martínez por el material fotográfico aportado.

Citar como:

Tapasco, J., J. Martínez, S. Calderón, G. Romero, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2015. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Ganadero. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 254, Washington D.C.

Copyright © 2015 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra está bajo una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

<http://www.iadb.org>



Contenido

IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA: SECTOR GANADERO

| | | |
|-----------|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 6 |
| 2. | CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO Y PASTOS PRIORIZADOS | 9 |
| 3. | METODOLOGÍA | 12 |
| | 3.1. Resultados en producción de materia seca | 12 |
| 4. | ESTIMACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE | 22 |
| 5. | RESULTADOS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR | 23 |
| | 5.1. Resultados modelación de <i>Brachiaria</i> spp. por departamento | 23 |
| | 5.2. Resultados modelación de <i>Lolium</i> spp. (rye grass) por departamento | 30 |
| | 5.3. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne a nivel nacional | 33 |
| 6. | MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO | 34 |
| | 6.1. Llanos Orientales | 34 |
| | 6.2. Magdalena Medio | 36 |
| | 6.3. Caquetá y Guaviare | 37 |
| | 6.4. Caribe seco y región de los santanderes, sur de Bolívar y sur de Cesar | 38 |
| | 6.5. Caribe húmedo | 40 |
| | 6.6. Nariño, Antioquia y altiplano cundiboyacense | 41 |
| 7. | RECOMENDACIONES DE POLÍTICA | 41 |
| 8. | CONCLUSIONES | 43 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 44 |
| | ANEXO I: Estaciones climáticas utilizadas | 45 |



Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: SECTOR GANADERO



El Cambio Climático tendrá en general un balance negativo para la ganadería, ya que se prevén pérdidas en la producción de leche y carne de hasta 7,6% y 2,2% respectivamente. En cuanto a regiones, los resultados muestran a los departamentos de Nariño, Caquetá, Casanare, Cundinamarca y Córdoba como los más afectados. La ordenación de la producción bovina es una de las medidas más necesarias que se requiere implementar, buscando zonas con características ambientales y socioeconómicas más apropiadas para la intensificación de la producción, identificando sistemas de producción eficientes y sostenibles en áreas con algunas limitaciones ambientales, y ofreciendo nuevas alternativas a pobladores de áreas para la reconversión de pasturas a otros usos del suelo.

Igualmente importante es la investigación, la validación y el fomento de pasturas con características deseables en cuanto a la tolerancia a encharcamientos y sequías, al igual que especies de leguminosas, arbustos y árboles adecuados para las condiciones de cada región. Se requiere una línea base que permita conocer el estado de las alternativas de producción bovina sostenible y la demanda tecnológica para cada región para propiciar una gestión de la investigación basada en resultados.



1

Introducción

En el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) cuyo objetivo principal es reducir el riesgo y los impactos socio-económicos asociados al cambio climático y a la variabilidad climática, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) coordina el “Estudio de Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia”.

Uno de los objetivos de este proyecto es evaluar los impactos del cambio climático (CC) sobre diversos sectores de importancia socioeconómica para el país, estimar sus costos y evaluar posibles medidas de adaptación.

El sector de ganadería bovina se priorizó, dado que en la actualidad contribuye con el 1,6% del PIB nacional (Fedegán, 2012), aproximadamente 20% del PIB agropecuario y 53% del PIB pecuario (DANE, 2011). También se tuvo en consideración que el consumo per cápita nacional de carne es cercano a los 21 kilogramos al año y el consumo nacional per cápita de leche está alrededor de los 140 litros al año (Fedegán, 2013).

El sector ganadero también representa un renglón importante dentro de las exportaciones, ya que entre animales vivos (88%) y carne en sus distintas presentaciones (12%) se vendieron en el 2012 cerca de 120.000 toneladas que representaron más de 330 mil USD (DANE, 2012).

De acuerdo con Fedegán (2012) el inventario ganadero en Colombia asciende a 23,5 millones de cabezas de ganado bovino. Sin embargo, este inventario ha disminuido en los últimos años presentando una variación negativa de -1,7% con respecto al año 2011 y del -2,2 por ciento con respecto al 2010. Esta disminución puede atribuirse a diversos factores no climáticos, no obstante, vale la pena resaltar que los fenómenos de El Niño y La Niña de 2010 y 2011, han contribuido con la muerte de más de 130 mil cabezas y desplazamiento de cerca de 1,6 millones de animales (Fedegán, 2013).

Los sistemas de producción predominantes en el país se pueden clasificar con respecto a los productos finales es decir carne, leche y doble propósito. Con respecto a esta clasificación el hato de carne (cría y ceba) cuenta con alrededor de 13,7 millones de cabezas, mientras que el sistemas doble propósito cuenta aproximadamente con 8,2 millones, y la lechería especializada con cerca de 1,5 millones de cabezas. El número de animales sacrificados al año alcanza los 4,1 millones, que representan una producción de carne en canal de 900 mil toneladas. En cuanto a leche, la producción anual alcanza unos 6.360 millones de litros al año.

Toda la actividad ganadera antes descrita se desarrolla en Colombia en un área cercana a los 39,2 millones de hectáreas en pastos y forrajes que son la fuente primaria de alimentación del ganado Bovino en el país.

El área exacta de cobertura de las distintas especies forrajeras sobre las cuales se desarrolla la actividad ganadera no está definida ni documentada, sin embargo, a partir de la opinión de expertos en los sistemas ganaderos en varias partes del país, las especies

que predominarían para trópico medio y bajo son el pasto estrella, las diferentes especies de *Brachiaria* spp. y algunas especies nativas, y para el trópico alto el pasto kikuyo y los especies de *Lolium* spp. (rye grass).

En cuanto a los pastos está demostrado que cambios de temperatura y precipitación podrían ser determinantes en la producción total de materia seca y en su calidad forrajera, y por lo tanto estas variaciones podrían influir en la producción de carne y leche. También es necesario tener en cuenta que algunos eventos climáticos como olas de calor e inundaciones pueden provocar estrés en los animales y por esto podría afectarse la producción y la calidad de la carne y la leche.

Es bien documentado que en pasturas de altura como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) que sostiene en su mayoría la producción de lechería especializada del país, la temperatura tiene un marcado efecto sobre la tasa de aparición de hojas, ya que el intervalo requerido para el rebrote de hojas aumenta a medida que las temperaturas decrecen. En segundo lugar, hay una reducción lineal en la fotosíntesis cuando la temperatura disminuye. Ambos procesos afectan el desarrollo del dosel y la intercepción de luz, por lo tanto, se retarda la acumulación de biomasa (Herrero et al. 2000).

Por el contrario, las especies de *Brachiaria*, dada su alta adaptabilidad a distintas condiciones agroecológicas, desde el nivel del mar hasta 1.800 msnm, son los pastos que se esperaría fueran más tolerantes a los efectos de cambio en las condiciones climáticas. Las especies más sembradas en Colombia son *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. bizantha*, y en general se caracterizan por tolerar la sequía, las quemas, las altas precipitaciones (ente 3.500 y 4.000 mm/año), el pastoreo intensivo, los suelos ácidos (pH entre 3,5 y 4,5) y los suelos pobres en nutrientes (Peters et al., 2011).

Frente a otros estudios de cambio climático, los forrajes tienen la ventaja de poder contar con información de los efectos y respuestas con respecto a las variables de estudio (temperatura y precipitación) y la interacción con muchos otros factores como suelos y manejo, incluso para distintas variedades de la misma especie.

Reconociendo la complejidad en cuanto a costos y tiempos de mediciones directas en campo a lo largo de un territorio, especialmente si hablamos de análisis a nivel nacional, es necesario recurrir a técnicas de modelamiento que parten de bases científicas sólidas para evaluar de forma rápida y menos costosa los impactos del cambio climático sobre los forrajes.

A pesar de lo atractivo que puede resultar el modelamiento, es necesario exponer las limitaciones que tienen estas herramientas dentro del grupo de las ciencias naturales. En el caso de las pasturas, los avances científicos son diferentes entre tipos de pasturas. Algunos pastos (por ejemplo pastos introducidos) tienen un mayor nivel de avance en cuanto investigación, sin embargo, las pasturas nativas tienen menos avances, especialmente en lo relacionado con su fisiología. Las pasturas nativas son una mezcla de una diversidad de pastos, y por lo tanto su respuesta a cambios en la temperatura y la precipitación no necesariamente va en la misma dirección para todas las especies que la conforman, como si suele ocurrir en lotes con una o pocas variedades de pastos. En el primer caso, la composición de los pastos simplemente puede cambiar, y de acuerdo a esto, aspectos como



la producción de biomasa, la palatabilidad, digestibilidad, contenido de proteína, entre otros, empiezan a jugar un papel más importante en el impacto de las variables climáticas sobre la ganadería.

Dado que el objeto de este estudio fue estimar el impacto del cambio climático sobre producción de carne y leche para las diferentes regiones del país, se propuso realizar dicha estimación a partir de los cambios en la productividad de las pasturas bajo diferentes escenarios de cambio climático. Para hacer esto se seleccionaron los tres escenarios de cambio climático del Panel intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), que han sido adoptados por el Instituto de estudios Ambientales del país (IDEAM), y por ende son los escenarios oficiales con los cuales trabaja el Gobierno Nacional para realizar todas sus proyecciones.

Los escenarios seleccionados fueron los escenarios SRES (Special Report on Emission Escenarios) A2, A1B y B2, los cuales se describen a continuación con base en las definiciones de IPCC (2007):

- **Escenario A2:** es un escenario de crecimiento regional, que describe un mundo heterogéneo, con crecimiento económico per cápita y cambios tecnológicos fragmentados y más lentos que otros escenarios.
- **Escenario B2:** es un escenario más enfocado en un crecimiento poblacional mediano y en un desarrollo de soluciones locales, haciendo énfasis en la sostenibilidad económica, social y ambiental.
- **Escenario A1B:** es un escenario que pertenece a la familia de escenarios A1 y describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido, aumento poblacional hasta el 2050 y disminución posterior. Este comportamiento demográfico desencadenaría en una rápida adopción de tecnologías altamente eficientes. Concretamente el A1B se caracteriza por que presenta un equilibrio entre las principales fuentes de energía (fósil y no fósil), es decir que la humanidad no dependería excesivamente de alguna de ellas.

Este documento presenta la metodología de análisis, la información empleada con las respectivas fuentes, los resultados del impacto del cambio climático sobre diferentes tipos de pasturas y para diferentes regiones, y una lista de medidas de adaptación y recomendaciones de política.

El trabajo no incluye efectos indirectos del cambio climático tales como el cambio de precios de los insumos debido a impactos sobre otros sectores, o el cambio en la demanda de carne y leche, producto de cambios en el bienestar de los hogares. Algunos de estos impactos son capturados en BID-CEPAL-DNP (2014) a través de una modelación macroeconómica usando el Modelo de Equilibrio General Computable de Cambio Climático para Colombia (MEG4C).

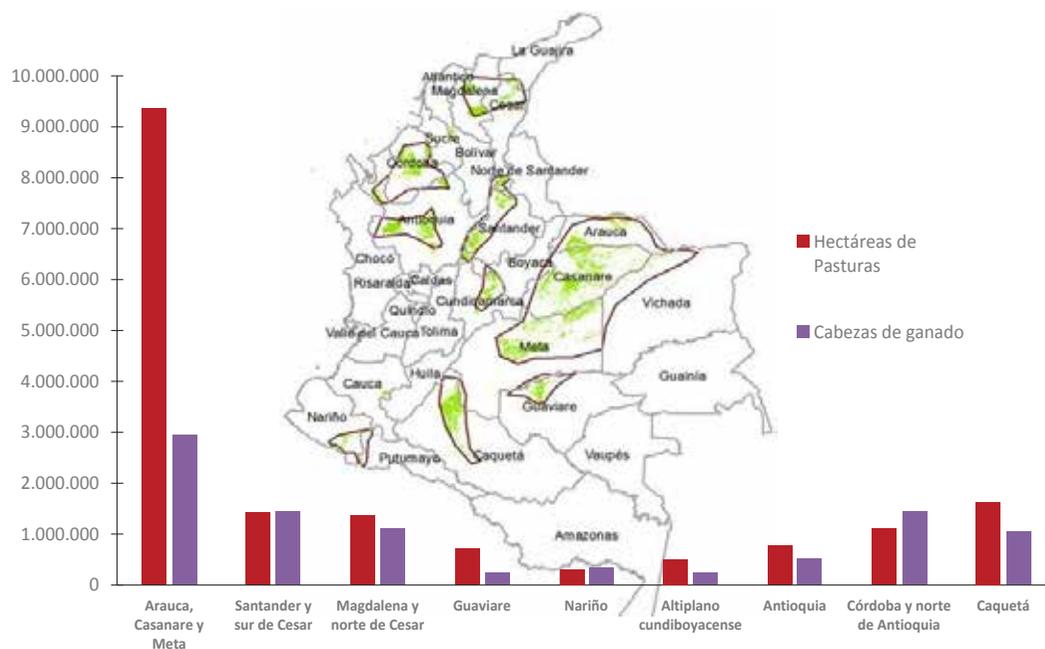
2

Características de las zonas de estudio y pastos priorizados

La priorización de los sitios se fundamentó en tres criterios: densidad ganadera, orientación del hato y superficie en pastos. Estos tres indicadores aseguran la selección de los sitios de mayor importancia económica de la producción ganadera (bovinos) en Colombia. La densidad de ganado se tomó del mapa “Inventario ganadero municipal 2011” de Fedegán, y la orientación del hato ganadero se tomó del mapa “Orientación del hato colombiano por actividad ganadera 2010” de Fedegán. La información sobre área en pastos se tomó de la superficie reportada a nivel municipal en el SIGOT correspondiente al año 2002.

En cuanto al inventario ganadero, se tuvo en cuenta las áreas que concentran más de 100 mil cabezas de ganado. De las áreas excluidas por el primer filtro, se incorporaron las zonas con lechería especializada, ya que el número de cabezas no es tan grande, pero la importancia económica de estas zonas sí es relevante. Se consideraron en este caso las lecherías especializadas ubicadas en el altiplano cundiboyacense, en la zona centro de Antioquia y en el sur oriente del departamento de Nariño. Posteriormente se usó la información del SIGOT para definir geográficamente las zonas de interés para adelantar los análisis. En la figura 1 se presenta el número de cabezas, las hectáreas en pastos de cada uno de los sitios seleccionados.

■ **Figura 1.** Regiones seleccionadas, área de pasturas y número de cabezas de ganado por región, 2010-2011



Fuente: Generación propia con datos de Fedegán, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y SIGOT



Los sitios seleccionados garantizan igualmente el cubrimiento de diferentes tipos de orientación del hato y el uso de diferentes pastos. En la tabla 1 se presentan una relación de las zonas priorizadas con algunas de sus características más relevantes. Por ejemplo, la región de los llanos orientales es donde predomina la ganadería extensiva del país especialmente la dedicada a cría de ganado, y el área en sabana nativa es muy extensa (cerca de 17 millones de hectáreas), no obstante, el trabajo se centrará en 9 millones de hectáreas, donde se concentra la ganadería en mayor medida; allí encontraremos sabana nativa, pero también una variedad de *Brachiara* sp.

Tabla 1. Características de las zonas priorizadas para ganadería, 2010-2011

| Zona | No. cabezas | Superficie en pastos (ha) | Tipos de pastos (predominantes) |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|--|
| Arauca, Casanare y Meta | 2.946.370 | 9.322.296 | Sabana nativa y <i>Brachiaria</i> spp. |
| Nariño | 290.038 | 265.000 | Kykuyo y rye grass |
| Santander y sur de César | 1.400.581 | 1.362.000 | Pasto natural, guinea y <i>Brachiaria</i> spp. |
| Magdalena y norte de César | 1.067.097 | 1.336.000 | Pasto Natural, <i>Brachiaria</i> spp., guinea y angleton |
| Norte de Antioquia y Córdoba | 1.411.623 | 1.055.000 | Pasto natural, <i>Brachiaria</i> spp., y Angleton |
| Guaviare | 207.000 | 637.000 | Pasto natural y <i>Brachiaria</i> spp. |
| Antioquia | 507.253 | 686.000 | Kykuyo y rye grass |
| Caquetá | 1.015.145 | 1.573.000 | Pasto natural y <i>Brachiaria</i> spp. |
| Altiplano cundiboyacense | 388.200 | 464.000 | Kykuyo y rye grass |

Fuente: Generación propia con datos de Fedegán y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Caquetá por su parte, es un excelente representante de la ganadería de doble propósito, y se encuentran pastos naturales y *Brachiaria* spp. Las zonas lecheras están en su gran mayoría cubiertas por pasto kykuyo y algunos rye grass. Por su parte la ganadería de ceba se encuentra menores extensiones pero no es menos importante. Una característica de este tipo de ganadería es que se encuentra cerca de carreteras y ciudades, y que están dispersas por muchas zonas del territorio nacional.

De acuerdo con lo anterior y con las restricciones metodológicas, los pastos priorizados fueron *Lolium* spp. (rye grass) y *Brachiaria* spp.

Con respecto al rye grass (*Lolium* spp.), según Villalobos y Sánchez (2010), es un forraje de clima templado cuyo valor nutricional es superior al de los pastos tropicales de altura. Son muy conocidos productivamente hablando dos grandes especies de este tipo de pastos, la especie perenne que dura más tiempo establecido y la especie anual que se caracteriza por establecerse y recuperarse rápidamente.

Dadas sus características agronómicas el rye grass perenne es más atractivo desde el punto de vista financiero y productivo. Se adapta en zonas entre los 1.800 y 3.600 msnm, sin embargo, por encima de los 3.000 msnm su crecimiento se reduce y los períodos de recuperación se deben prolongar entre 2 y 4 semanas. Por esta y otras razones, la obten-

ción de híbridos entre especies de rye grass anual (*Lolium multiflorum*) y rye grass inglés (*Lolium perenne*) ha sido uno de los principales logros para mejorar la producción de altura (Posada Ochoa et al., 2013).

Para su óptimo establecimiento, los pastos requieren suelos de media a alta fertilidad, bien drenados y poco ácidos. Para su sostenimiento en el tiempo deben hacerse pastoreos controlados y realizar periódicamente fertilización con elementos mayores (nitrógeno, fósforo y potasio), ya que son muy sensibles a las deficiencias de estos (Oregon State University, 1999).

En cuanto a las *Brachiaria* spp., son uno de los pastos más cultivados en los sistemas de producción ganaderos en el trópico, dada su alta adaptabilidad a distintas condiciones agroecológicas, desde el nivel del mar hasta 1.800 msnm. Las especies más sembradas en Colombia son *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. bizantha*, y en general se caracterizan por tolerar la sequía, las quemadas, las altas precipitaciones (entre 3.500 y 4.000 mm/año), el pastoreo intensivo, los suelos ácidos (pH entre 3,5 y 4,5) y los suelos pobres en nutrientes (Peters et al., 2011).

Comparativamente con otros forrajes tropicales, el éxito de la extensiva implementación de *Brachiaria* spp., también está en que poseen un buen rendimiento de biomasa para pastoreo directo y su palatabilidad es buena y su calidad nutricional es aceptable (Yuseika et al., 2006).

3

Metodología

El impacto del cambio climático sobre la ganadería se analizó a través de la modelación computacional del efecto de los escenarios de cambio climático sobre la producción de biomasa de las pasturas y su posterior efecto sobre la producción de leche y carne.

Para realizar la modelación del efecto del cambio climático sobre los pastos *Brachiaria* spp., se utilizó el modelo DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), que permite combinar los conocimientos técnicos contenidos en los modelos de crecimiento de 28 cultivos básicos con las consideraciones económicas y las evaluaciones de impacto ambiental y simular escenarios con sus resultados (Jones et al., 2003).

El modelo DSSAT simula el crecimiento y desarrollo vegetal, como función de la interacción suelo-planta-atmósfera, teniendo en cuenta, para su funcionamiento, variables tales como fertilidad de los suelos, manejo del cultivo, coeficientes genéticos de las variedades, entre otras variables. Este modelo requiere información diaria de temperatura máxima, mínima y media (en °C), precipitación (mm) y radiación solar (MJ/m²) y los resultados que arroja son estimaciones del rendimiento del cultivo (Jones et al., 2003).

En el caso específico de *Brachiaria* spp., el programa entrega información sobre la producción de biomasa. Los trabajos de Giraldo et al. (1998) y Pedreira et al. (2011) muestran un buen desempeño del modelo cuando es empleado para la simulación del crecimiento de este tipo de pasto.



En cuanto a la modelación de rye grass, se empleó APSIM que es un programa que permite simular crecimiento, desarrollo y producción de diversos cultivos, teniendo en cuenta parámetros eco-fisiológicos de las plantas. De igual forma, los insumos que necesita el modelo son muy similares a los que necesita DSSAT y en la misma escala temporal.

Para la evaluación de desempeño de los modelos se emplearon bases de datos históricas del CIAT y se realizó revisión de bibliografía en general de trabajos realizados en las diferentes regiones de estudio.

Para *Brachiaria* spp. y *Lolium* spp. (rye grass), la información sobre las características del suelo empleadas en la modelación fue tomada de la base de datos de DSSAT y estudios realizados por CIAT. Las modelaciones se hicieron bajo tres distintos tipos de suelos, modificando la fertilidad y la textura, de acuerdo a la predominancia de los tipos de suelo en cada región.

En cuanto a la información climática utilizada para las simulaciones, se emplearon 26 estaciones de IDEAM ubicadas en las regiones ganaderas representativas y que cuentan con información sobre escenarios de cambio climático (ver Anexo I). Los escenarios del IPCC considerados para este estudio fueron A1B, A2 y B2. Dado que las proyecciones climáticas de las estaciones suministradas por IDEAM están a una escala mensual se utilizó el software MarkSim, con el fin de generar datos diarios.

Para realizar las simulaciones con DSSAT, las estaciones climáticas a utilizar se seleccionaron con base en dos criterios: i) que estuvieran dentro del área de pasturas de los departamentos de interés, y ii) que estuvieran por debajo de los 1.800 msnm, ya que los pastos *Brachiaria* spp. son pastos que se desarrollan bien en trópico medio y bajo.

En cuanto a las estaciones utilizadas para APSIM, se seleccionaron teniendo también en cuenta dos criterios: i) que las estaciones seleccionadas estuvieran dentro del área de pasturas de los departamentos de interés, y ii) que las estaciones estuvieran por encima de los 2.200 msnm, ya que los rye grass se desarrollan en zonas de altura.

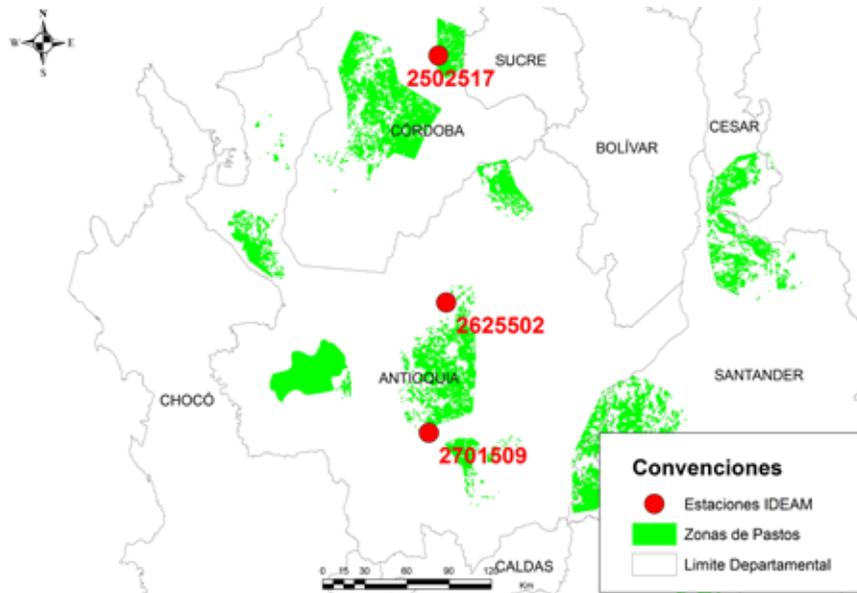
3.1. Resultados en producción de materia seca

Los resultados obtenidos de las modelaciones fueron producción de materia seca por hectárea (t/ha-año), con lo cual se estimó un consumo promedio por animal dependiendo de su edad y sexo, la capacidad de carga de cada una de las regiones priorizadas y finalmente la producción potencial de leche y carne.

El periodo de modelación fue de un año, realizando ciclos de corte de pasto cada 21 días, con el fin de simular el periodo de descanso de la pradera. El efecto del cambio climático sobre la productividad del sector ganadero en Colombia se determinó mediante la comparación de la producción de materia seca de los forrajes para la línea base (periodo 1970 - 2010) y la producción de materia seca con los escenarios de cambio climático década por década del 2020 al año 2100, asumiendo que en el futuro se mantendrían constantes las áreas en pasturas, las prácticas de manejo de praderas y los suelos.

En el caso de Antioquia, las modelaciones se realizaron con información climática de dos estaciones meteorológicas del IDEAM (figura 2).

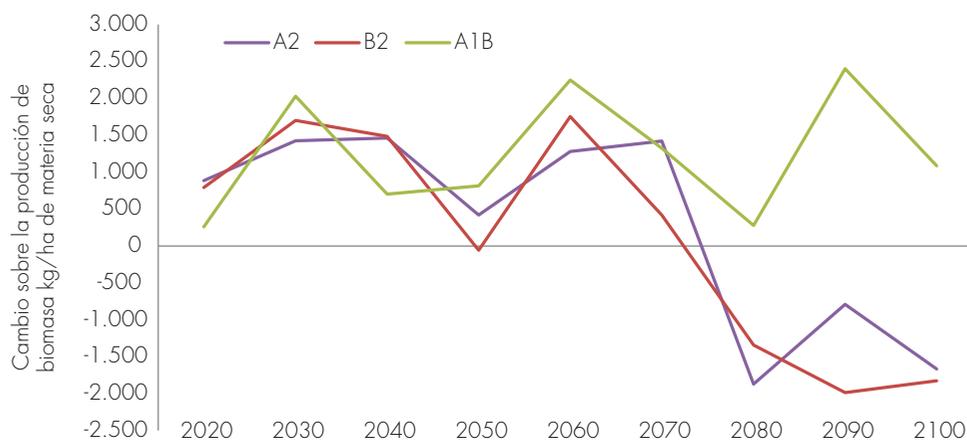
■ **Figura 2.** Antioquia - Zonas ganaderas y localización de las estaciones climatológicas de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

Los resultados de la modelación en Antioquia, bajo los escenarios A2 y B2, tal y como se observa en la figura 3, se muestran una tendencia hasta la década del 2070 de aumento en la producción de materia seca, sin embargo, las últimas décadas del siglo se vería una disminución con respecto a la línea base hasta el punto de presentarse reducciones cercanas a las 2 toneladas. Con respecto al escenario A1B, se observa durante todo el siglo un aumento en la producción, sin embargo, debido a las condiciones climáticas se observa que no hay una tendencia clara sino que oscila de década a década.

■ **Figura 3.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Antioquia, 2020-2100

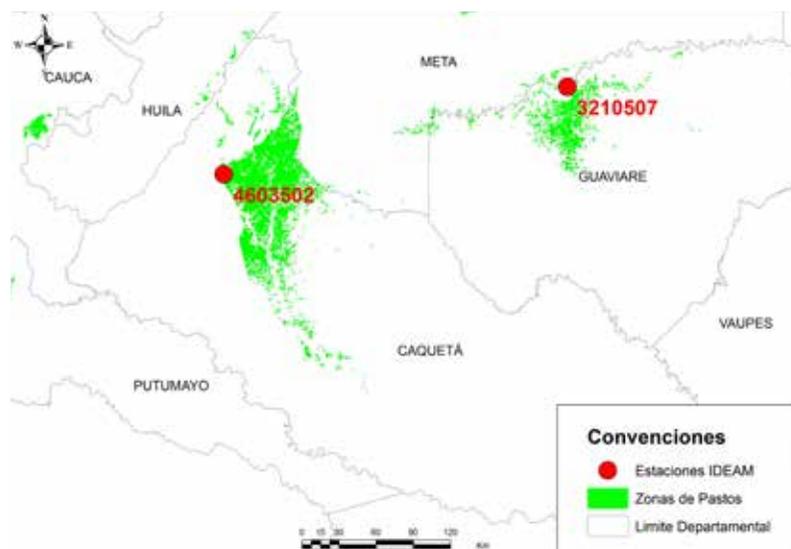


Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo DSSAT



En el caso de Caquetá, las modelaciones se realizaron con información climática de una sola estación meteorológica del IDEAM (figura 4).

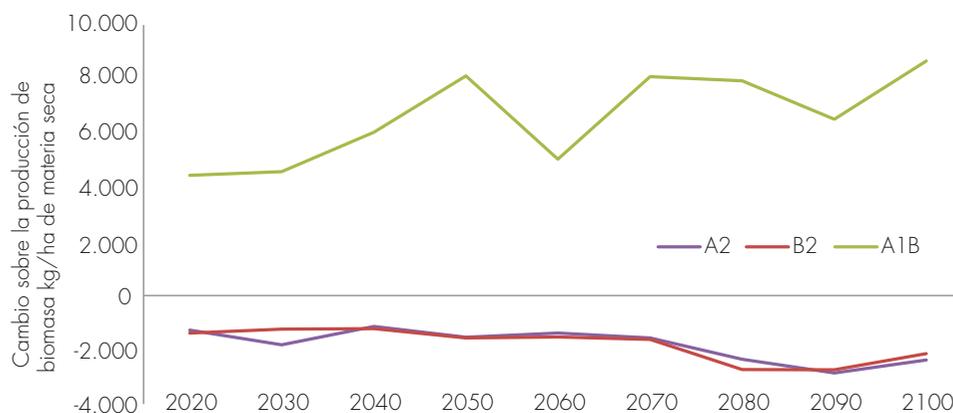
■ **Figura 4.** Caquetá - Zonas ganaderas y localización de la estación climatológica de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

Los resultados de la modelación en Caquetá bajo los escenarios A2 y B2, tal y como se observa en la figura 5, muestran una tendencia durante todo el siglo de disminución en la producción de materia seca de hasta 2 toneladas por hectárea. Con respecto al escenario A1B, se observa durante todo el siglo un aumento considerable en la producción, cercana a las 8 toneladas por hectárea en la década de 2100.

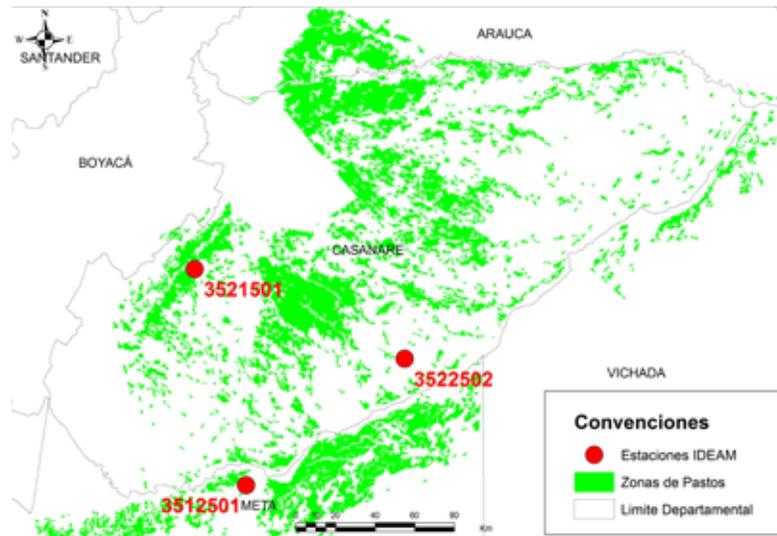
■ **Figura 5.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Caquetá, 2020-2100



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo DSSAT

En el caso de Casanare, las modelaciones de *Brachiaria* spp. se realizaron con información climática de una sola estación meteorológica del IDEAM (figura 6).

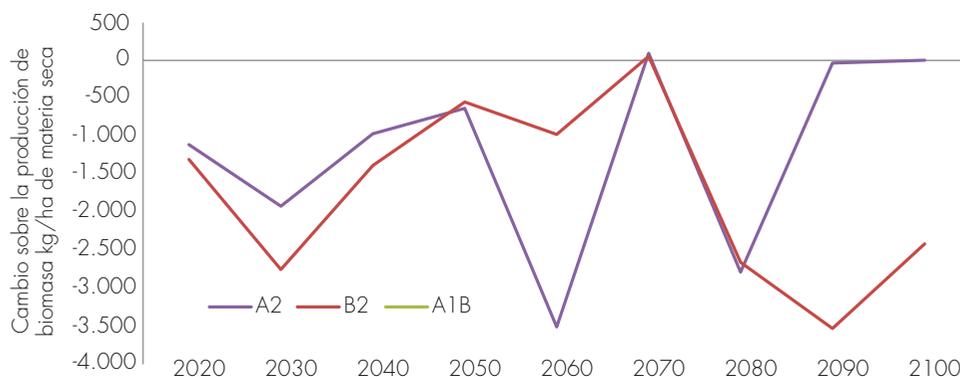
■ **Figura 6.** Casanare - Zonas ganaderas y localización de la estación climatológica de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

En el Casanare solamente se realizó la modelación utilizando proyecciones del escenario A2 y B2, ya que no se contaba con información del escenario A1B. Los resultados de la modelación bajo los escenarios A2 y B2, tal y como se observa en la figura 7, muestran disminución en el rendimiento de las pasturas durante todo el siglo, siendo las pérdidas más fuertes para A2 en la década de 2060 y para B2 en la década del 2090, presentándose pérdidas de hasta 3,5 toneladas por hectárea en ambos casos.

■ **Figura 7.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Casanare, 2020-2100

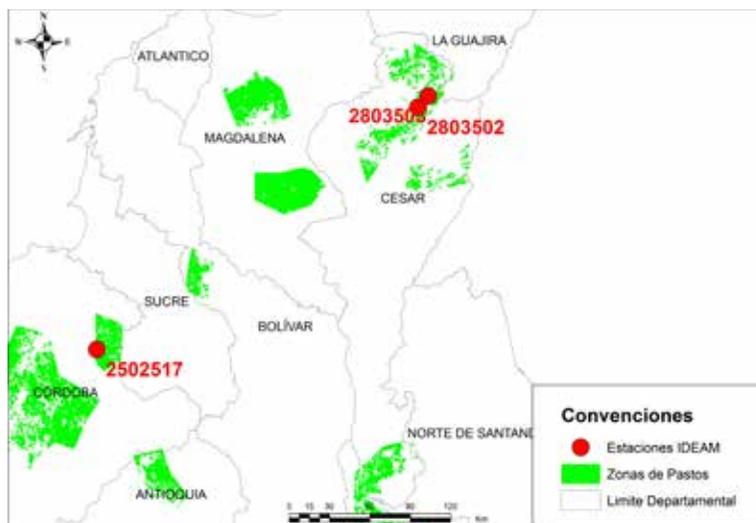


Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo DSSAT



En el caso de Cesar, las modelaciones se realizaron con información climática de dos estaciones meteorológicas del IDEAM (figura 8).

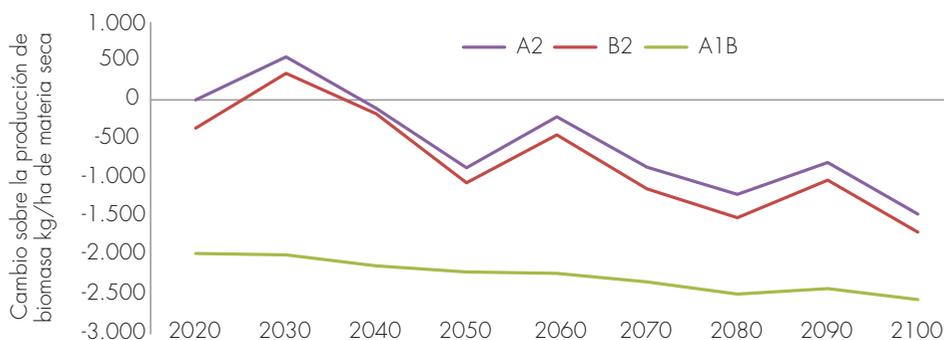
■ **Figura 8.** Cesar - Zonas ganaderas y localización de las estaciones climatológicas de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

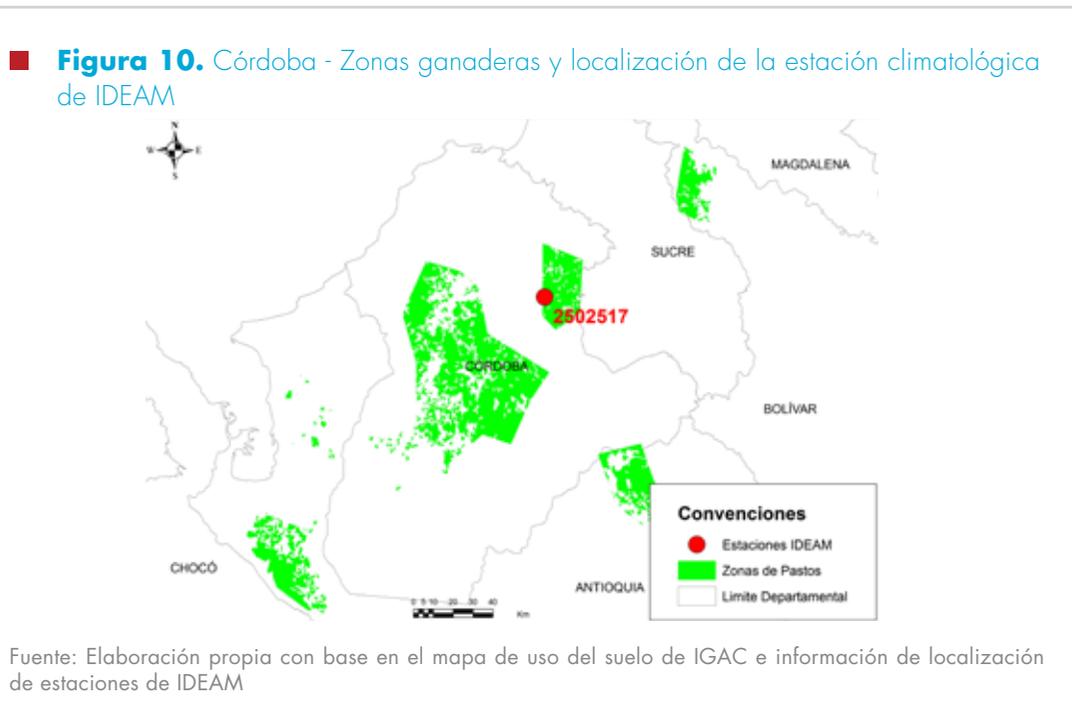
En el Cesar los resultados de la modelación bajo todos los escenarios, tal y como se observa en la figura 9, muestran una tendencia de disminución en el rendimiento de las pasturas durante todo el siglo, exceptuando la década de 2030 para A2 y B2 donde hay un ligero aumento cercano a los 300 kilogramos por hectárea. Para estos dos escenarios la disminución sería progresiva, terminando a final de siglo con pérdidas cercanas de hasta 1,7 toneladas por hectárea. En el caso del escenario A1B, las pérdidas serían mucho más fuertes desde principios de siglo y también progresivas, comenzando con reducción en 2020 cercana a las 2 toneladas por hectárea y terminando en 2100 con pérdida de hasta 2,5 toneladas por hectárea de materia seca.

■ **Figura 9.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Cesar, 2020-2100



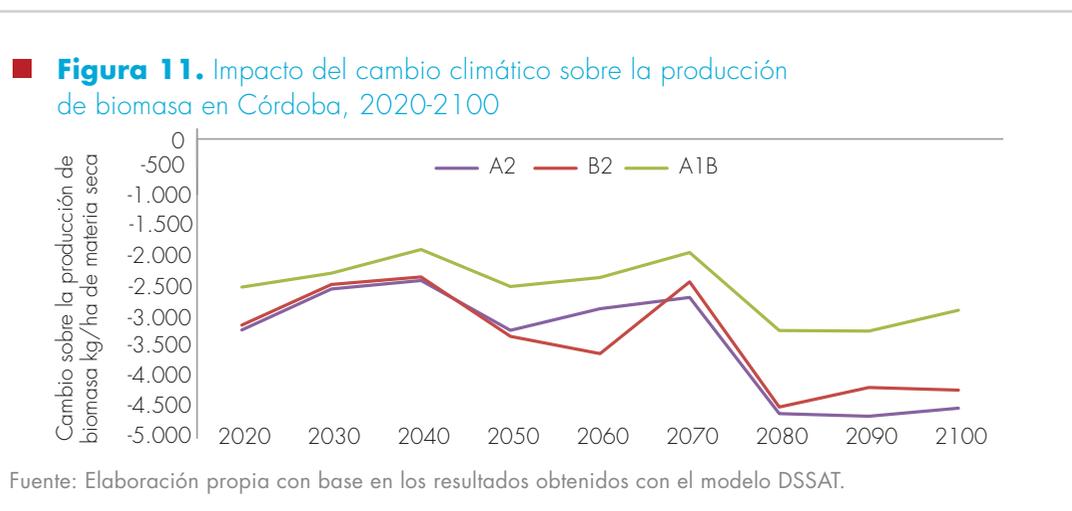
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo DSSAT

En el caso de Córdoba, las modelaciones de *Brachiaria* spp. se realizaron con información climática de una sola estación meteorológica del IDEAM (figura 10)



En el departamento de Córdoba los resultados de la modelación bajo todos los escenarios, tal y como se observa en la figura 11, muestran una tendencia de disminución en el rendimiento de las pasturas durante todo el siglo. Para A2 y B2 al principio de siglo podría haber pérdidas cercanas a las 3 toneladas por hectárea y al final del siglo habría posibles pérdidas de hasta 4,2 toneladas por hectárea.

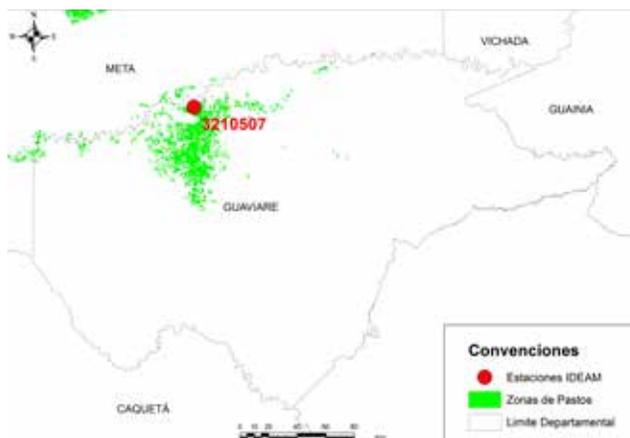
Con respecto al escenario A1B, las pérdidas serían un poco menores desde principios de siglo y también progresivas, comenzando con reducción en 2020 cercana a las 2,5 toneladas por hectárea y terminando en 2100 con pérdida cercana a las 2,8 toneladas por hectárea de materia seca.





En el caso de Guaviare, las modelaciones de *Brachiaria* spp. se realizaron con información climática de una sola estación meteorológica del IDEAM (figura 12).

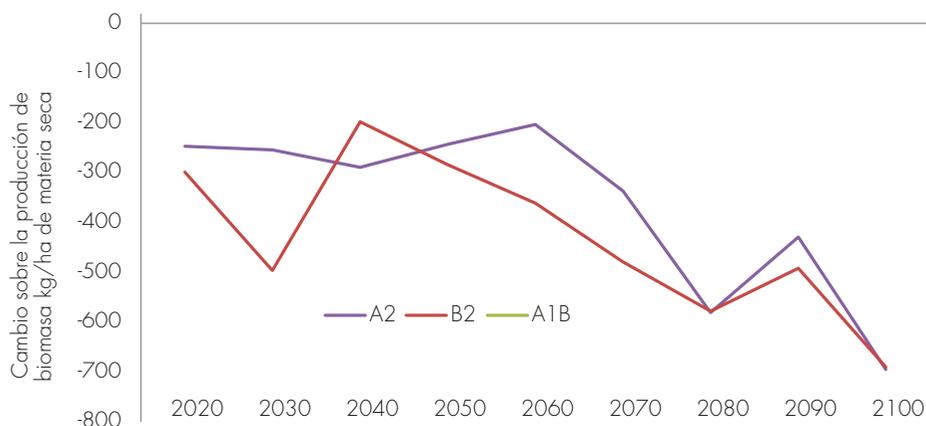
■ **Figura 12.** Guaviare - Zonas ganaderas y localización de la estación climatológica de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

En el Guaviare solamente se realizó la modelación utilizando proyecciones del escenario A2 y B2, ya que no se contaba con información del escenario A1B. Los resultados de la modelación bajo los escenarios A2 y B2, tal y como se observa en la figura 13, muestran disminución en el rendimiento de las pasturas durante todo el siglo, siendo las pérdidas para A2 más progresivas que para B2 ya que para A2 se observa un decrecimiento constante entre 2040 y 2100 y en B2 se observa una caída en la producción con una pendiente más fuerte ente 2060 y 2080. En ambos casos a final de siglo las pérdidas serían cercanas a los 700 kilogramos por hectárea al año.

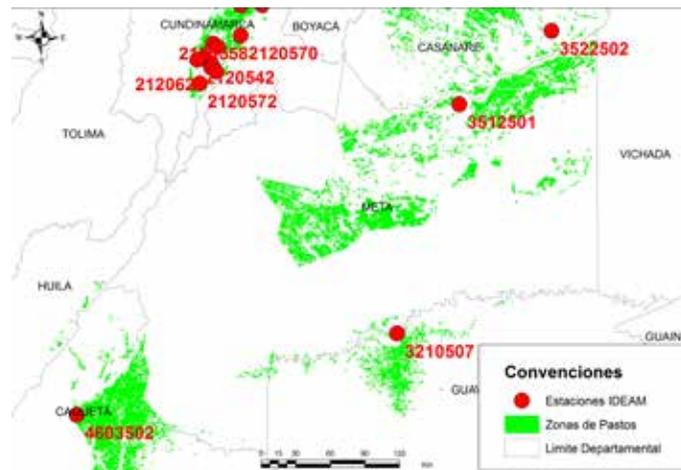
■ **Figura 13.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Guaviare, 2020-2100



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo DSSAT.

En el caso de Meta, las modelaciones de *Brachiaria* spp. se realizaron con información climática de una sola estación meteorológica del IDEAM (figura 14).

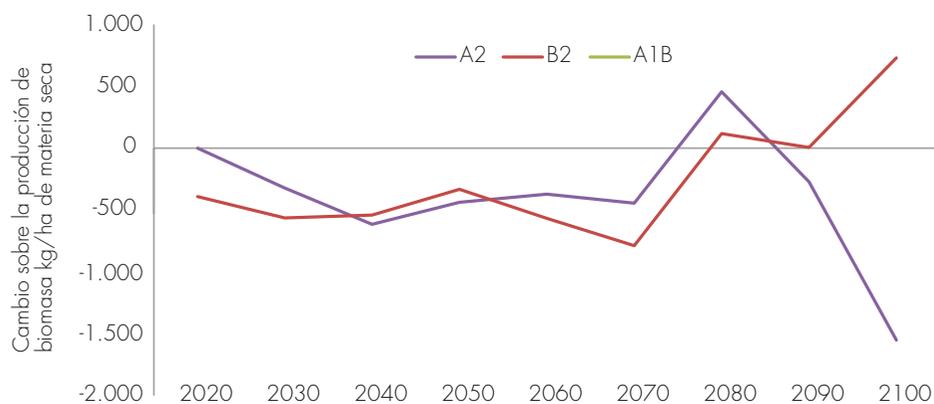
■ **Figura 14.** Meta - Zonas ganaderas y localización de la estación climatológica de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

En el Meta también se realizó solamente la modelación utilizando proyecciones del escenario A2 y B2, ya que tampoco se contó con información del escenario A1B. Los resultados de la modelación bajo los escenarios A2 y B2, tal y como se observa en la figura 15, muestran disminución en el rendimiento de las pasturas hasta el 2080 donde habrían unas pocas ganancias de hasta 500 kilogramos por hectárea. En general los resultados de ambos escenarios presentaron un comportamiento similar, sin embargo, para el 2100 el A2 muestra una pérdida de alrededor de 2,5 toneladas y el B2 una ganancia superior a las 0,7 toneladas por hectárea.

■ **Figura 15.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Meta, 2020-2100

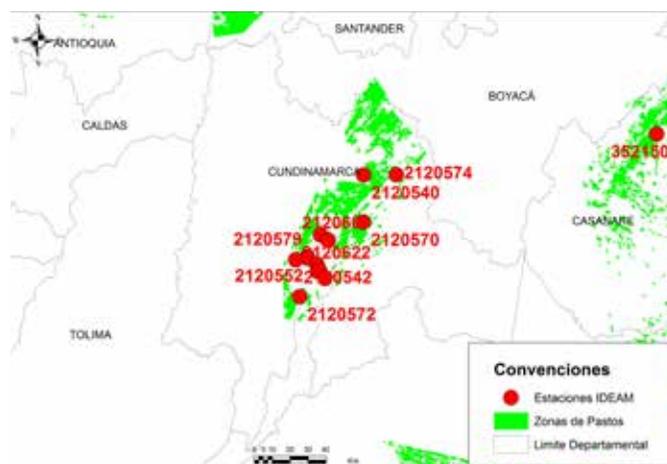


Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo DSSAT.



En el caso de Cundinamarca, las modelaciones se realizaron con información climática de once estaciones meteorológicas del IDEAM (figura 16).

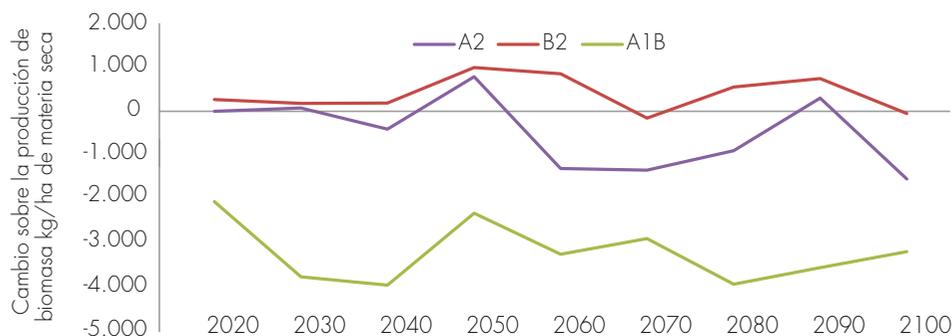
■ **Figura 16.** Cundinamarca - Zonas ganaderas y localización de las estaciones climatológicas de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

En Cundinamarca los resultados de la modelación bajo todos los escenarios, tal y como se observa en la figura 17, muestran una tendencia variada entre los escenarios ya que no todos muestran pérdidas ni todos ganancias. Los escenarios A2 y B2 muestran un comportamiento similar hasta el 2050 teniendo una tendencia al aumento de hasta una tonelada para esta década, sin embargo, en este momento el escenario B2 se mantiene siempre hasta finales de siglo presentando unas leves ganancias en la producción de materia seca, y finalmente en 2100 terminaría siendo igual que la línea base. Con respecto al A2, después de 2050 presenta un decrecimiento de 1,3 toneladas y cierra el siglo con pérdidas de hasta 1,5 toneladas por hectárea. En cuanto al escenario A1B, los resultados son mucho más negativos, ya que desde el principio hay pérdidas de hasta casi 4 toneladas por hectárea en 2040 y termina el siglo con pérdidas cercanas a las 3,2 toneladas por hectárea al año.

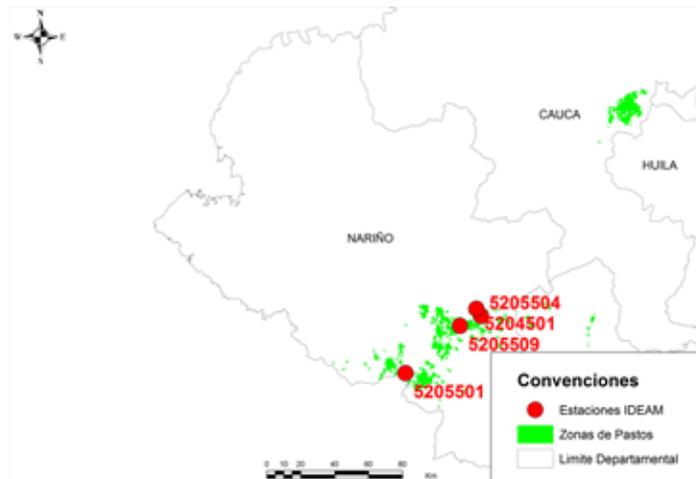
■ **Figura 17.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Cundinamarca, 2020-2100



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo APSIM.

En el caso de Nariño, las modelaciones se realizaron con información climática de cuatro estaciones meteorológicas del IDEAM (figura 18).

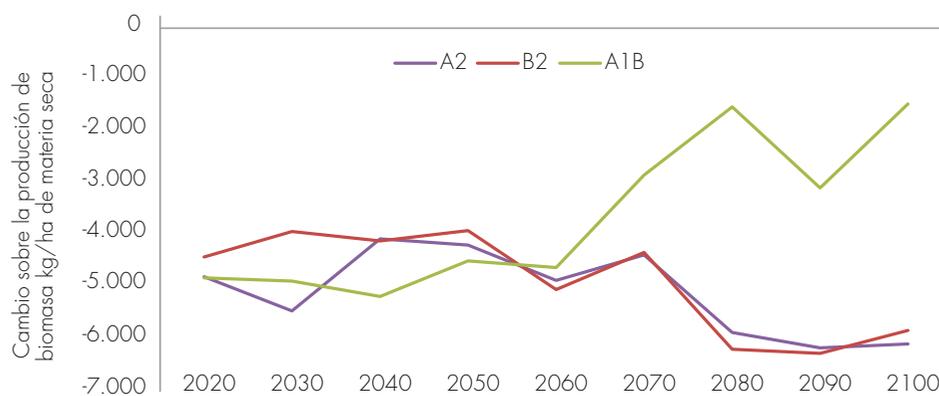
■ **Figura 18.** Nariño - Zonas ganaderas y localización de las estaciones climatológicas de IDEAM



Fuente: Elaboración propia con base en el mapa de uso del suelo de IGAC e información de localización de estaciones de IDEAM

En Nariño los tres escenarios tienen un resultado similar durante las primeras décadas hasta 2050 con pérdidas oscilando entre las 4 y 5,5 toneladas por hectárea, sin embargo, después el comportamiento de los escenarios A2 y B2 continúa siendo similar, alcanzado a final de siglo pérdidas de aproximadamente 5,8 toneladas por hectárea. Sin embargo, después de mitad de siglo el escenario A1B presenta una recuperación en el rendimiento, cerrando el siglo con pérdidas de 1,5 toneladas por hectárea al año (figura 19).

■ **Figura 19.** Impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa en Nariño, 2020-2100



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el modelo APSIM.



4

Estimación de Impactos sobre la producción de leche y carne

Una vez estimado el impacto del cambio climático sobre la producción de biomasa, se estimó el efecto sobre la producción de leche y carne. Para esto, se tuvo en cuenta información sobre población bovina por sexo y categorías de edad para estimar los valores de consumo de forraje y los valores de conversión a carne.

En el caso de producción de leche, sólo se consideraron vacas con más de 2 años, ya que con esto se garantiza que estén en edad productiva. En el caso del ganado de engorde se estimó un consumo diario de materia seca equivalente al 3% del peso vivo del animal y un aumento diario de peso de 270 gramos, para un periodo de un año. En este tiempo se logra que el animal gane aproximadamente 100 kilogramos, de acuerdo con el *Subcommittee on Feed Intake, Committee on Animal Nutrition, National Research Council (1987)*.

En cuanto a la estimación de la producción de leche, se utilizó la siguiente ecuación (Maff, 1975):

$$CMS = 0,025 P_v + 0,1 PLCG4 \quad (1)$$

Dónde:

CMS: Consumo de materia seca

P_v: Peso vivo del animal

PLCG4: Producción de leche por animal con una corrección de 4% de grasa

Para utilizar esta ecuación, se utilizó una producción de leche promedio diferenciada por cada departamento, el cual fue tomado de estadísticas de Fedegán y del Ministerio de Agricultura. Para calcular producción de leche, se consideró únicamente las vacas mayores de 2 años. Algunos datos usados para estimar producción de carne y leche se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de referencia para ganadería para carne

| | Parámetro | Valor | Unidad |
|-------|--|--------|---------|
| Carne | Peso novillo menor a 1 año | 150 | kg |
| | Peso novillo 1 a 2 años | 220 | kg |
| | Peso novillo 2 a 3 años | 440 | kg |
| | Peso toro de más de 3 años | 500 | kg |
| | Consumo de materia seca con relación al peso vivo | 3 | % |
| | Aumento diario de peso | 0,27 | kg |
| Leche | Peso vaca 2 a 3 años | 350 | kg |
| | Peso vaca de más de 3 años | 420 | kg |
| | Densidad leche | 1,0315 | kg/l |
| | Producción promedio leche por vaca Antioquia | 7 | l/ vaca |
| | Producción promedio leche por vaca Cundinamarca y Nariño | 11 | l/ vaca |
| | Producción para el resto del país | 4,5 | l/ vaca |

Fuente: Elaboración propia con base en información dada por expertos, resultados de trabajos realizados por CIAT e información de Fedegán y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

5

Resultados del impacto del Cambio Climático en el sector

5.1. Resultados modelación de *Brachiaria* spp. por departamento

Antioquia

En Antioquia bajo los escenarios A2 y B2 los resultados de la modelaciones muestran un incremento de la producción de leche y carne hasta la década de 2070, y en adelante la producción caería drásticamente (tabla 3). Para el caso del escenario A1B el aumento de la producción de leche y carne sería hasta 2100. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los datos presentados en la tabla 3 son promedios de las pérdidas y ganancias asociadas a las dos estaciones de IDEAM, por esta razón, aunque la precipitación disminuiría, el efecto sobre la producción es diferenciado. La producción de leche y carne aumentaría en aquellas zonas donde actualmente la precipitación es muy alta (alrededor de 4.700 mm/año) ubicadas al norte del departamento (ver estación 2625502 del IDEAM en la figura 2), y la producción de leche y carne disminuiría en el caso de la región sur del departamento (ver estación 2701509 del IDEAM en la figura 2) donde las precipitaciones actuales son relativamente bajas (1.500 mm/año).

El balance para el departamento es positivo hasta la década 2070, ya que las ganancias son mayores a las pérdidas. No obstante, de la década 2070 en adelante, la continua disminución de precipitación, y un incremento de períodos secos ocasionaría que los niveles de producción en las zonas de alta precipitación actual vuelvan a descender, y en el caso de las zonas de precipitación baja la reducción de la producción de leche y carne sería drástica.

Tabla 3. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Antioquia, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base (LB) | | |
|-----------|-----------|----------------------------|----------------|---|------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | 52.637.244 | 3.260.389 | 2,55 | -1.040 | 2,8% |
| | 2021-2030 | 84.759.462 | 5.250.062 | 3,00 | -896 | 4,5% |
| | 2031-2040 | 86.984.461 | 5.387.880 | 3,61 | -1.004 | 4,7% |
| | 2041-2050 | 24.856.763 | 1.539.646 | 3,98 | -955 | 1,3% |
| | 2051-2060 | 76.172.045 | 4.718.152 | 4,44 | -802 | 4,1% |
| | 2061-2070 | 84.467.269 | 5.231.964 | 3,71 | -931 | 4,5% |
| | 2071-2080 | -111.350.920 | -6.897.156 | 4,21 | -1.392 | -6,0% |
| | 2081-2090 | -46.946.767 | -2.907.917 | 4,53 | -1.258 | -2,5% |
| | 2091-2100 | -99.186.146 | -6.143.662 | 4,92 | -1.380 | -5,3% |



Tabla 3 (continuación). Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Antioquia, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base (LB) | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|--------------------|---|--------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| B2 | 2011-2020 | 47.149.788 | 2.920.492 | 2,50 | -1.038 | 2,5% |
| | 2021-2030 | 101.083.407 | 6.261.179 | 2,95 | -894 | 5,4% |
| | 2031-2040 | 88.277.697 | 5.467.984 | 3,52 | -1.009 | 4,7% |
| | 2041-2050 | -3.536.041 | -219.025 | 3,77 | -991 | -0,2% |
| | 2051-2060 | 104.087.145 | 6.447.233 | 4,23 | -838 | 5,6% |
| | 2061-2070 | 24.869.467 | 1.540.433 | 3,54 | -964 | 1,3% |
| | 2071-2080 | -79.762.377 | -4.940.539 | 3,65 | -1.437 | -4,3% |
| | 2081-2090 | -118.029.512 | -7.310.833 | 3,97 | -1.307 | -6,3% |
| | 2091-2100 | -108.692.207 | -6.732.474 | 4,36 | -1.424 | -5,8% |
| A1B | 2011-2020 | 15.432.549 | 955.903 | 0,72 | -717 | 0,8% |
| | 2021-2030 | 120.604.862 | 7.470.352 | 0,97 | -572 | 6,5% |
| | 2031-2040 | 41.713.902 | 2.583.789 | 1,42 | -701 | 2,2% |
| | 2041-2050 | 48.369.822 | 2.996.062 | 1,98 | -549 | 2,6% |
| | 2051-2060 | 133.626.495 | 8.276.922 | 2,23 | -411 | 7,2% |
| | 2061-2070 | 78.741.868 | 4.877.328 | 2,68 | -560 | 4,2% |
| | 2071-2080 | 16.569.904 | 1.026.352 | 3,30 | -653 | 0,9% |
| | 2081-2090 | 142.683.823 | 8.837.939 | 3,55 | -524 | 7,6% |
| | 2091-2100 | 64.518.541 | 3.996.325 | 4,00 | -652 | 3,5% |
| Línea base | 1971-2010 | 911.274.214 | 322.664.057 | 21,6 | 3.108 | \$1.875.611.132.690 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.

Caquetá

En el Caquetá, se observa una disminución en la producción de leche y carne para los escenarios A2 y B2 (tabla 4). Lo anterior se explica a una combinación de factores climáticos y de suelo. Se observa una disminución progresiva de la precipitación, lo que combinado con un aumento en la temperatura, puede representar un estrés hídrico para las plantas dado al aumento de los niveles de evapotranspiración. Igualmente, se presentan temperaturas máximas de valores que alcanzan hasta 45,6 °C. Es importante anotar que este tipo de pastos se desempeña adecuadamente hasta valores de 35 °C. Vale la pena mencionar que las *Brachiaria* spp. no tiene buen cubrimiento del suelo, y por esta razón los niveles de evaporación del suelo pueden ser altos, y esto ocasiona que la disponibilidad de agua en el suelo disminuya, especialmente en suelos livianos.

La situación es diferente para el escenario A1B (tabla 4). En este caso la temperatura aumenta a una menor tasa, y por lo tanto este factor de temperatura es más favorable para la planta y por esta razón la disminución de la precipitación no llega a niveles de estrés hídrico.

Tabla 4. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Caquetá, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto al periodo actual 1971-2010 | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|--------------------|--|----------------|----------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción |
| A2 | 2011-2020 | -62.305.437 | -6.073.125 | 2,21 | -372,7 | -6,9% |
| | 2021-2030 | -89.311.260 | -8.705.476 | 2,16 | -604,7 | -9,9% |
| | 2031-2040 | -55.555.397 | -5.415.176 | 2,56 | -649,5 | -6,1% |
| | 2041-2050 | -75.079.608 | -7.318.268 | 3,74 | -302,5 | -8,3% |
| | 2051-2060 | -67.801.204 | -6.608.817 | 3,69 | -551,4 | -7,5% |
| | 2061-2070 | -76.470.352 | -7.453.828 | 4,09 | -593,5 | -8,4% |
| | 2071-2080 | -115.229.183 | -11.231.785 | 5,59 | -543,9 | -12,7% |
| | 2081-2090 | -140.197.280 | -13.665.511 | 5,56 | -793,8 | -15,5% |
| | 2091-2100 | -116.615.872 | -11.366.950 | 5,97 | -836,2 | -12,9% |
| B2 | 2011-2020 | -67.810.879 | -6.609.760 | 2,35 | -377,4 | -7,5% |
| | 2021-2030 | -60.597.662 | -5.906.663 | 2,31 | -603,1 | -6,7% |
| | 2031-2040 | -59.931.796 | -5.841.758 | 2,70 | -655,0 | -6,6% |
| | 2041-2050 | -76.745.835 | -7.480.681 | 3,56 | -494,9 | -8,5% |
| | 2051-2060 | -74.903.641 | -7.301.116 | 3,52 | -725,0 | -8,3% |
| | 2061-2070 | -79.184.386 | -7.718.375 | 3,91 | -769,5 | -8,7% |
| | 2071-2080 | -133.977.888 | -13.059.286 | 5,34 | -823,2 | -14,8% |
| | 2081-2090 | -134.385.731 | -13.099.040 | 5,31 | -1.055,7 | -14,8% |
| | 2091-2100 | -104.957.974 | -10.230.615 | 5,71 | -1.101,8 | -11,6% |
| A1B | 2011-2020 | -53.304.091 | -5.195.733 | 0,50 | -510,6 | -5,9% |
| | 2021-2030 | -46.615.612 | -4.543.784 | 0,55 | -728,7 | -5,1% |
| | 2031-2040 | 24.574.370 | 2.395.348 | 0,93 | -759,7 | 2,7% |
| | 2041-2050 | 127.026.911 | 12.381.750 | 2,04 | -307,7 | 14,0% |
| | 2051-2060 | -24.389.411 | -2.377.320 | 2,09 | -533,1 | -2,7% |
| | 2061-2070 | 125.344.518 | 12.217.761 | 2,47 | -570,1 | 13,8% |
| | 2071-2080 | 118.092.452 | 11.510.878 | 3,64 | -329,3 | 13,0% |
| | 2081-2090 | 48.373.592 | 4.715.140 | 3,69 | -569,8 | 5,3% |
| | 2091-2100 | 154.129.119 | 15.023.496 | 4,07 | -589,6 | 17,0% |
| Línea base | 1971-2010 | 486.067.523 | 179.039.933 | 25,66 | 4.137,0 | \$1.025.466.826.070 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.

Casanare

Para el departamento de Casanare, tanto en el escenario A2 como en el B2 disminuye la producción de leche y carne, sin embargo, las tendencias son distintas (tabla 5). En el caso del escenario A2 las pérdidas de producción de leche y carne ocurrirían en las décadas



más cercanas, y cada vez se irían reduciendo dichas pérdidas. Por su parte, en el escenario B2, las pérdidas tienden a acrecentarse para las décadas más lejanas del estudio. En el caso del escenario B2 se explica por la tendencia de la precipitación a disminuir. En el caso del escenario A2, aunque la precipitación disminuye, no hay una tendencia clara, pero el efecto del incremento de la temperatura ayuda a compensar dichas pérdidas a lo largo del tiempo.

Tabla 5. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Casanare, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | -17.704.621 | -8.887.654 | 2,68 | -207,7 | -4,5% |
| | 2021-2030 | -30.692.742 | -15.407.642 | 2,39 | -83,6 | -7,8% |
| | 2031-2040 | -15.412.375 | -7.736.955 | 2,79 | -188,4 | -3,9% |
| | 2041-2050 | -10.071.464 | -5.055.837 | 4,21 | -145,9 | -2,6% |
| | 2051-2060 | -56.122.743 | -28.173.408 | 3,92 | -7,0 | -14,3% |
| | 2061-2070 | 1.532.178 | 769.148 | 4,33 | -118,1 | 0,4% |
| | 2071-2080 | -44.592.377 | -22.385.207 | 6,26 | -207,6 | -11,3% |
| | 2081-2090 | -539.575 | -270.865 | 5,98 | -67,7 | -0,1% |
| | 2091-2100 | 77.651 | 38.981 | 6,40 | -171,1 | 0,0% |
| B2 | 2011-2020 | -20.838.248 | -10.460.723 | 2,82 | -205,0 | -5,3% |
| | 2021-2030 | -44.056.078 | -22.115.987 | 2,53 | -76,5 | -11,2% |
| | 2031-2040 | -22.096.140 | -11.092.180 | 2,93 | -190,2 | -5,6% |
| | 2041-2050 | -8.725.014 | -4.379.925 | 4,21 | -247,4 | -2,2% |
| | 2051-2060 | -15.555.407 | -7.808.756 | 3,92 | -119,5 | -4,0% |
| | 2061-2070 | 877.378 | 440.440 | 4,32 | -230,2 | 0,2% |
| | 2071-2080 | -42.510.540 | -21.340.133 | 6,26 | -361,4 | -10,8% |
| | 2081-2090 | -56.452.267 | -28.338.828 | 5,98 | -233,3 | -14,4% |
| | 2091-2100 | -38.629.659 | -19.391.945 | 6,40 | -337,3 | -9,8% |
| Línea Base | 1971-2010 | 121.254.962 | 256.187.229 | 26,64 | 2.280,0 | \$1.019.414.767.050 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.

Cesar

La producción de leche y carne en el Cesar es muy sensible a cambios en la precipitación, dado que los niveles actuales de precipitación son muy bajos. En el caso de los escenarios A2 y B2 se reduciría la producción de leche y carne en la mayoría de las décadas, pero dichos niveles de pérdida son muy bajos (tabla 6). En el caso del escenario A1B las pérdidas de producción de leche y carne son mayores, pero se debe a que la reducción de la precipitación es mayor. Igualmente, la temperatura influye fuertemente en la disponibilidad de agua en el suelo y por lo tanto en un mayor estrés hídrico para la pastura.

Tabla 6. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Cesar, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | -2.358.363 | -352.857 | 1,41 | -56,2 | -0,3% |
| | 2021-2030 | 5.543.053 | 829.350 | 0,92 | 31,0 | 0,6% |
| | 2031-2040 | -1.075.786 | -160.959 | 2,22 | 16,5 | -0,1% |
| | 2041-2050 | -8.696.508 | -1.301.169 | 2,56 | -44,1 | -1,0% |
| | 2051-2060 | -2.154.566 | -322.365 | 2,08 | 43,0 | -0,3% |
| | 2061-2070 | -8.638.913 | -1.292.551 | 3,37 | 27,8 | -1,0% |
| | 2071-2080 | -12.122.828 | -1.813.813 | 3,89 | -53,1 | -1,4% |
| | 2081-2090 | -8.027.128 | -1.201.016 | 3,42 | 35,8 | -0,9% |
| | 2091-2100 | -14.651.469 | -2.192.148 | 4,72 | 17,9 | -1,7% |
| B2 | 2011-2020 | -3.607.651 | -539.776 | 1,49 | -45,7 | -0,4% |
| | 2021-2030 | 3.432.435 | 513.560 | 1,00 | 40,4 | 0,4% |
| | 2031-2040 | -1.751.322 | -262.032 | 2,30 | 34,2 | -0,2% |
| | 2041-2050 | -10.638.296 | -1.591.698 | 2,50 | -95,1 | -1,2% |
| | 2051-2060 | -4.476.263 | -669.737 | 2,02 | -12,0 | -0,5% |
| | 2061-2070 | -11.425.543 | -1.709.486 | 3,31 | -17,5 | -1,3% |
| | 2071-2080 | -15.113.843 | -2.261.328 | 3,81 | -127,9 | -1,8% |
| | 2081-2090 | -10.290.345 | -1.539.638 | 3,34 | -44,0 | -1,2% |
| | 2091-2100 | -16.960.271 | -2.537.590 | 4,64 | -52,2 | -2,0% |
| A1B | 2011-2020 | -19.703.148 | -2.947.978 | 1,15 | -389,2 | -2,3% |
| | 2021-2030 | -19.884.659 | -2.975.136 | 0,67 | -354,4 | -2,3% |
| | 2031-2040 | -21.294.503 | -3.186.077 | 1,97 | -360,6 | -2,5% |
| | 2041-2050 | -22.081.187 | -3.303.780 | 2,37 | -387,0 | -2,6% |
| | 2051-2060 | -22.255.329 | -3.329.835 | 1,89 | -347,7 | -2,6% |
| | 2061-2070 | -23.364.378 | -3.495.770 | 3,18 | -353,6 | -2,7% |
| | 2071-2080 | -24.920.986 | -3.728.670 | 3,67 | -420,0 | -2,9% |
| | 2081-2090 | -24.209.501 | -3.622.218 | 3,19 | -390,5 | -2,8% |
| | 2091-2100 | -25.635.644 | -3.835.597 | 4,49 | -395,1 | -3,0% |
| Línea Base | 1971-2010 | 422.194.825 | 222.802.952 | 28,23 | 1.057,5 | \$1.133.630.620.220 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.

Córdoba

En Córdoba los escenarios A2 y B2 muestran una tendencia a disminución de la producción de leche y carne, la cual está relacionada a la disminución de la precipitación (tabla 7). El promedio anual actual de precipitación es cercano a 1.500 mm/año y las pérdidas de



precipitación alcanzan a llegar a un 30% de dicho valor (tabla 7). Las diferencias entre los resultados bajo los escenarios A2 y B2 radica en parte a la velocidad como el escenario A2 alcanza altas temperaturas, y a las diferencias en la distribución de la lluvia.

En cuanto al escenario A1B, a pesar de que la tendencia de la lluvia es a reducirse en las primeras décadas y aumentar en las siguientes, se observa una disminución de la producción de carne y leche. Este se explica por la distribución de las lluvias para este escenario; las épocas secas tienden a ser más secas, y esto hace que se presenten pérdidas en la producción de biomasa de la pastura.

Tabla 7. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Córdoba, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | -37.618.595 | -11.330.905 | 1,49 | -236,4 | -5,6% |
| | 2021-2030 | -29.537.715 | -8.896.904 | 1,47 | -383,5 | -4,4% |
| | 2031-2040 | -27.893.066 | -8.401.528 | 1,57 | -376,7 | -4,2% |
| | 2041-2050 | -37.702.986 | -11.356.323 | 2,78 | -198,6 | -5,7% |
| | 2051-2060 | -33.422.362 | -10.066.979 | 2,77 | -348,6 | -5,0% |
| | 2061-2070 | -31.198.102 | -9.397.021 | 2,86 | -339,7 | -4,7% |
| | 2071-2080 | -54.072.068 | -16.286.771 | 4,44 | -352,4 | -8,1% |
| | 2081-2090 | -54.610.248 | -16.448.873 | 4,43 | -502,1 | -8,2% |
| | 2091-2100 | -53.013.535 | -15.967.936 | 4,54 | -493,8 | -8,0% |
| B2 | 2011-2020 | -36.634.777 | -11.034.574 | 1,50 | -231,3 | -5,5% |
| | 2021-2030 | -28.672.653 | -8.636.343 | 1,48 | -380,8 | -4,3% |
| | 2031-2040 | -27.156.959 | -8.179.809 | 1,57 | -372,7 | -4,1% |
| | 2041-2050 | -38.860.563 | -11.704.991 | 2,57 | -168,7 | -5,8% |
| | 2051-2060 | -42.277.088 | -12.734.065 | 2,55 | -334,7 | -6,3% |
| | 2061-2070 | -28.155.632 | -8.480.614 | 2,65 | -315,4 | -4,2% |
| | 2071-2080 | -52.797.742 | -15.902.938 | 4,12 | -311,0 | -7,9% |
| | 2081-2090 | -48.920.160 | -14.734.991 | 4,11 | -477,1 | -7,3% |
| | 2091-2100 | -49.445.171 | -14.893.127 | 4,22 | -455,4 | -7,4% |
| A1B | 2011-2020 | -29.186.945 | -8.791.250 | 0,66 | -125,7 | -4,4% |
| | 2021-2030 | -26.455.419 | -7.968.501 | 0,80 | -103,6 | -4,0% |
| | 2031-2040 | -21.792.509 | -6.564.010 | 1,15 | -112,5 | -3,3% |
| | 2041-2050 | -29.052.450 | -8.750.740 | 1,93 | 72,2 | -4,4% |
| | 2051-2060 | -27.291.213 | -8.220.247 | 2,07 | 94,7 | -4,1% |
| | 2061-2070 | -22.356.745 | -6.733.961 | 2,42 | 74,6 | -3,4% |
| | 2071-2080 | -37.733.939 | -11.365.647 | 3,48 | 28,0 | -5,7% |
| | 2081-2090 | -37.828.688 | -11.394.186 | 3,62 | 62,6 | -5,7% |
| | 2091-2100 | -33.738.846 | -10.162.305 | 3,97 | 48,6 | -5,1% |
| Línea Base | 1971-2010 | 267.236.551 | 286.919.460 | 27,77 | 1.533,0 | \$1.244.223.760.380 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM. NOTA: Las cifras en paréntesis son negativas.

Guaviare

Las pérdidas de producción de leche y carne en el departamento del Guaviare son mínimas (tabla 8). A pesar de que en algunos casos la disminución de la precipitación puede superar los 200 mm/año, el efecto sobre la producción de leche y carne no es tan notable dado que los niveles de precipitación en esta zona superan los 2.500 mm/año.

Tabla 8. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Guaviare, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | -2.735.104 | -373.635 | 1,84 | -264,0 | -2,2% |
| | 2021-2030 | -2.808.825 | -383.706 | 1,82 | -280,1 | -2,3% |
| | 2031-2040 | -3.195.472 | -436.525 | 1,96 | -205,5 | -2,6% |
| | 2041-2050 | -2.690.314 | -367.516 | 3,41 | 53,5 | -2,2% |
| | 2051-2060 | -2.245.428 | -306.742 | 3,39 | 36,1 | -1,8% |
| | 2061-2070 | -3.730.729 | -509.644 | 3,53 | 126,6 | -3,1% |
| | 2071-2080 | -6.430.367 | -878.435 | 5,49 | 64,5 | -5,3% |
| | 2081-2090 | -4.745.716 | -648.299 | 5,49 | 50,9 | -3,9% |
| | 2091-2100 | -7.694.317 | -1.051.099 | 5,64 | 144,3 | -6,3% |
| B2 | 2011-2020 | -3.309.801 | -452.143 | 1,96 | -240,7 | -2,7% |
| | 2021-2030 | -5.495.731 | -750.756 | 1,95 | -251,2 | -4,5% |
| | 2031-2040 | -2.190.514 | -299.240 | 2,08 | -173,3 | -1,8% |
| | 2041-2050 | -3.140.662 | -429.037 | 3,33 | -92,2 | -2,6% |
| | 2051-2060 | -3.996.379 | -545.934 | 3,32 | -104,1 | -3,3% |
| | 2061-2070 | -5.307.191 | -725.001 | 3,46 | -21,9 | -4,4% |
| | 2071-2080 | -6.403.437 | -874.756 | 5,38 | -149,9 | -5,3% |
| | 2081-2090 | -5.444.725 | -743.789 | 5,38 | -159,5 | -4,5% |
| | 2091-2100 | -7.640.713 | -1.043.776 | 5,53 | -75,9 | -6,3% |
| Línea Base | 1971-2010 | 62.595.408 | 29.347.922 | 26,42 | 2.674,0 | \$154.770.416.660 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.

Meta

Para el Meta, el escenario A2 no muestra un comportamiento uniforme en cuanto a precipitación para las diferentes décadas, y esto hace que se refleje en los resultados de las modelaciones de producción de biomasa (tabla 9). La zona presenta niveles de precipitación adecuados para la producción de *Brachiaria* spp., y en la medida que esta precipitación disminuye la producción de leche y carne empieza a verse afectada negativamente. Por su parte, los incrementos de temperatura jugarán a favor de la producción de biomasa en las primeras décadas, pero cuando los niveles de temperatura crecen hasta alcanzar valores



máximos por encima de 35 °C, la producción de biomasa de las *Brachiaria* spp. empieza a verse afectada negativamente, y con ella, la producción de carne y leche. Además, los niveles de estrés hídrico aumentan, como consecuencia de la reducción de precipitación.

Tabla 9. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Meta, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la producción | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | -4.040.865 | -1.034.911 | 2,57 | -46,1 | -0,6% |
| | 2021-2030 | -9.677.635 | -2.478.552 | 2,53 | -185,5 | -1,5% |
| | 2031-2040 | -18.467.141 | -4.729.643 | 2,88 | 55,6 | -2,9% |
| | 2041-2050 | -13.117.293 | -3.359.487 | 4,21 | 24,9 | -2,1% |
| | 2051-2060 | -11.134.353 | -2.851.634 | 4,17 | -121,1 | -1,8% |
| | 2061-2070 | -13.359.889 | -3.421.618 | 4,52 | 138,6 | -2,1% |
| | 2071-2080 | 13.616.334 | 3.487.297 | 6,44 | 7,4 | 2,2% |
| | 2081-2090 | -8.145.814 | -2.086.235 | 6,42 | -137,3 | -1,3% |
| | 2091-2100 | -46.510.328 | -11.911.820 | 6,78 | 123,1 | -7,4% |
| | B2 | 2011-2020 | -11.729.724 | -3.004.115 | 2,66 | -19,8 |
| 2021-2030 | | -16.891.084 | -4.325.997 | 2,63 | -161,2 | -2,7% |
| 2031-2040 | | -16.193.479 | -4.147.333 | 2,98 | 81,7 | -2,6% |
| 2041-2050 | | -10.014.823 | -2.564.909 | 4,22 | -92,2 | -1,6% |
| 2051-2060 | | -17.042.830 | -4.364.861 | 4,19 | -231,0 | -2,7% |
| 2061-2070 | | -23.621.864 | -6.049.826 | 4,54 | 13,9 | -3,8% |
| 2071-2080 | | 3.481.526 | 891.658 | 6,47 | -165,4 | 0,6% |
| 2081-2090 | | 126.732 | 32.458 | 6,45 | -303,9 | 0,0% |
| 2091-2100 | | 21.830.997 | 5.591.165 | 6,81 | -59,7 | 3,5% |
| Línea Base | 1971-2010 | 231.888.618 | 246.187.862 | 26,87 | 2.146,0 | \$1.069.611.303.860 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.

5.2. Resultados Modelación de *Lolium* spp. (rye grass) por departamento

Cundinamarca

En el caso de Cundinamarca, para el escenario B2 la producción de leche y carne aumentaría mientras que para los escenarios A2 y A1B la producción de leche y carne disminuiría (tabla 10). Para estos casos, la distribución de las lluvias juega un papel fundamental. En esta región la precipitación ya es una limitante, y una reducción de la precipitación para los períodos más secos hace que la producción caiga drásticamente. En este caso, el escenario B2 tiene una favorabilidad en su distribución ya que, a pesar de que muestra una tendencia a una disminución de la precipitación, estas disminuciones no están ocurriendo en los meses más críticos del año.

Tabla 10. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Cundinamarca, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la producción | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | 16.034.010 | 685.480 | 1,97 | -29,9 | 1,3% |
| | 2021-2030 | 2.989.850 | 127.821 | 2,47 | -49,8 | 0,2% |
| | 2031-2040 | -15.699.858 | -671.195 | 2,68 | -77,6 | -1,3% |
| | 2041-2050 | 30.708.323 | 1.312.832 | 3,32 | -15,5 | 2,5% |
| | 2051-2060 | -50.637.229 | -2.164.825 | 3,82 | -29,6 | -4,2% |
| | 2061-2070 | -52.176.791 | -2.230.644 | 4,03 | -52,2 | -4,3% |
| | 2071-2080 | -34.955.150 | -1.494.391 | 4,69 | -236,1 | -2,9% |
| | 2081-2090 | 11.793.360 | 504.186 | 5,19 | -244,1 | 1,0% |
| | 2091-2100 | -59.969.107 | -2.563.779 | 5,41 | -269,0 | -5,0% |
| | B2 | 2011-2020 | 10.457.997 | 447.097 | 2,04 | -21,4 |
| 2021-2030 | | 7.123.749 | 304.552 | 2,54 | -37,9 | 0,6% |
| 2031-2040 | | 7.356.348 | 314.496 | 2,75 | -69,6 | 0,6% |
| 2041-2050 | | 38.893.364 | 1.662.756 | 3,15 | -26,0 | 3,2% |
| 2051-2060 | | 33.462.786 | 1.430.590 | 3,65 | -40,4 | 2,8% |
| 2061-2070 | | -6.003.167 | -256.645 | 3,86 | -63,6 | -0,5% |
| 2071-2080 | | 21.593.374 | 923.153 | 4,12 | -240,5 | 1,8% |
| 2081-2090 | | 29.058.583 | 1.242.303 | 4,62 | -249,6 | 2,4% |
| 2091-2100 | | -1.854.578 | -79.286 | 4,84 | -273,0 | -0,2% |
| A1B | 2011-2020 | -80.045.144 | -3.422.062 | 0,90 | -183,2 | -6,6% |
| | 2021-2030 | -146.985.482 | -6.283.873 | 1,38 | -212,2 | -12,2% |
| | 2031-2040 | -154.283.106 | -6.595.858 | 1,60 | -230,8 | -12,8% |
| | 2041-2050 | -90.412.850 | -3.865.299 | 2,33 | -127,9 | -7,5% |
| | 2051-2060 | -126.903.682 | -5.425.343 | 2,81 | -151,7 | -10,5% |
| | 2061-2070 | -112.846.030 | -4.824.355 | 3,03 | -182,1 | -9,3% |
| | 2071-2080 | -153.480.027 | -6.561.525 | 3,78 | -135,4 | -12,7% |
| | 2081-2090 | -138.676.551 | -5.928.652 | 4,26 | -160,9 | -11,5% |
| | 2091-2100 | -124.544.769 | -5.324.495 | 4,48 | -184,2 | -10,3% |
| Línea Base | 1971-2010 | 769.160.158 | 146.862.476 | 12,75 | 860,1 | \$1.130.118.461.600 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.



Nariño

La producción de leche y carne en Nariño sería muy afectada en todos los escenarios de cambio climático (tabla 11), debido especialmente a la sensibilidad de la disminución de la precipitación. El altiplano nariñense presenta un promedio anual actual de precipitación cercano a los 900 mm, y en algunos casos la reducción de la precipitación alcanzaría hasta el 50% del valor actual. Los escenarios A2 y B2 muestran una tendencia a disminuir la producción de leche y carne hacia las décadas más lejanas. Por su parte, el escenario A1B muestra que la disminución de la producción es más crítico en las décadas más cercanas y menos crítico hacia el período 2100.

Tabla 11. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne en el departamento de Nariño, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|-------------------|------------------------------------|--------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) | Carne (kg/año) | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | -79.012.593 | -2.647.912 | 2,28 | -264,6 | -19,5% |
| | 2021-2030 | -89.884.594 | -3.012.261 | 2,25 | -310,9 | -22,2% |
| | 2031-2040 | -66.999.776 | -2.245.332 | 2,33 | -253,9 | -16,6% |
| | 2041-2050 | -68.967.311 | -2.311.269 | 3,69 | -250,7 | -17,1% |
| | 2051-2060 | -80.196.333 | -2.687.582 | 3,66 | -297,5 | -19,8% |
| | 2061-2070 | -72.081.026 | -2.415.618 | 3,74 | -239,1 | -17,8% |
| | 2071-2080 | -96.713.388 | -3.241.111 | 5,50 | -384,9 | -23,9% |
| | 2081-2090 | -101.632.018 | -3.405.947 | 5,48 | -431,6 | -25,1% |
| | 2091-2100 | -100.357.888 | -3.363.247 | 5,58 | -372,9 | -24,8% |
| B2 | 2011-2020 | -72.705.503 | -2.436.546 | 2,39 | -279,5 | -18,0% |
| | 2021-2030 | -64.652.520 | -2.166.670 | 2,36 | -321,0 | -16,0% |
| | 2031-2040 | -67.604.854 | -2.265.610 | 2,44 | -272,4 | -16,7% |
| | 2041-2050 | -64.315.724 | -2.155.383 | 3,50 | -271,3 | -15,9% |
| | 2051-2060 | -83.086.343 | -2.784.434 | 3,47 | -314,9 | -20,6% |
| | 2061-2070 | -71.285.675 | -2.388.964 | 3,55 | -259,9 | -17,6% |
| | 2071-2080 | -102.044.346 | -3.419.765 | 5,22 | -415,1 | -25,2% |
| | 2081-2090 | -103.401.025 | -3.465.231 | 5,20 | -458,4 | -25,6% |
| | 2091-2100 | -96.077.768 | -3.219.810 | 5,29 | -403,2 | -23,8% |
| A1B | 2011-2020 | -79.411.713 | -2.661.288 | 0,92 | -221,6 | -19,6% |
| | 2021-2030 | -80.362.255 | -2.693.143 | 0,90 | -267,8 | -19,9% |
| | 2031-2040 | -85.308.126 | -2.858.892 | 0,97 | -215,1 | -21,1% |
| | 2041-2050 | -73.971.379 | -2.478.968 | 2,26 | -125,5 | -18,3% |
| | 2051-2060 | -76.085.436 | -2.549.816 | 2,24 | -176,2 | -18,8% |
| | 2061-2070 | -46.677.252 | -1.564.273 | 2,31 | -113,3 | -11,5% |
| | 2071-2080 | -25.075.645 | -840.348 | 3,64 | -57,1 | -6,2% |
| | 2081-2090 | -50.798.468 | -1.702.385 | 3,62 | -118,1 | -12,6% |
| | 2091-2100 | -24.072.273 | -806.723 | 3,69 | -40,5 | -6,0% |
| Línea Base | 1971-2010 | 315.161.121 | 32.798.674 | 12,3 | 896,5 | \$364.228.887.520 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM.

5.3. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne a nivel nacional

A nivel nacional, la producción de leche y carne se ve afectada negativamente, siendo porcentualmente más grande el efecto sobre la primera (tabla 12). En los escenarios A2 y B2 se observa una tendencia creciente de dicho efecto negativo, siendo más marcado el efecto en las última tres décadas. Una parte importante de este efecto se explica por los cambios de precipitación, y en especial, por la disminución de dicha precipitación en los altiplanos donde se concentra la producción de lechería especializada y donde los valores de precipitación son bajos. El aumento de temperatura tiene en la mayoría de los casos un efecto positivo sobre la producción de materia seca en los pastos y, por lo tanto, en la producción ganadera. No obstante, algunos valores elevados de temperatura máxima pueden tener un efecto contraproducente en la producción de materia seca.

Tabla 12. Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne a nivel nacional, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base | | |
|-----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) ¹ | Carne (kg/año) ² | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A2 | 2011-2020 | -137.104.323 | -26.755.130 | 2,11 | -279,73 | -1,3% |
| | 2021-2030 | -158.620.405 | -32.677.307 | 2,11 | -307,01 | -1,5% |
| | 2031-2040 | -117.314.412 | -24.409.432 | 2,51 | -298,17 | -1,1% |
| | 2041-2050 | -160.760.398 | -28.217.392 | 3,54 | -203,77 | -1,4% |
| | 2051-2060 | -227.542.173 | -48.464.201 | 3,55 | -230,90 | -2,2% |
| | 2061-2070 | -171.656.353 | -20.719.814 | 3,80 | -220,07 | -1,3% |
| | 2071-2080 | -461.849.947 | -60.741.372 | 5,17 | -344,23 | -3,6% |
| | 2081-2090 | -353.051.186 | -40.130.477 | 5,17 | -371,99 | -2,6% |
| | 2091-2100 | -497.921.011 | -54.521.660 | 5,55 | -359,74 | -3,6% |
| B2 | 2011-2020 | -159.028.800 | -31.170.047 | 2,19 | -273,20 | -1,5% |
| | 2021-2030 | -108.726.138 | -36.823.126 | 2,19 | -298,37 | -1,4% |
| | 2031-2040 | -101.291.019 | -26.305.482 | 2,59 | -291,81 | -1,1% |
| | 2041-2050 | -177.083.594 | -28.862.894 | 3,42 | -275,42 | -1,5% |
| | 2051-2060 | -103.788.021 | -28.331.082 | 3,43 | -302,18 | -1,1% |
| | 2061-2070 | -199.236.613 | -25.348.037 | 3,68 | -292,01 | -1,5% |
| | 2071-2080 | -407.535.273 | -59.983.934 | 4,93 | -447,93 | -3,3% |
| | 2081-2090 | -447.738.450 | -67.957.589 | 4,93 | -476,50 | -3,7% |
| | 2091-2100 | -402.427.345 | -52.537.459 | 5,31 | -464,72 | -3,1% |

¹ Los datos de la línea base se obtuvieron de los registros históricos de Fedegán

² Los datos de la línea base fueron estimados a partir de inventario ganadero Fedegán

**Tabla 12 (continuación).** Impacto del cambio climático sobre la producción de leche y carne a nivel nacional, 2011-2100

| Escenario | Década | Cambio sobre la producción | | Variación respecto a la línea base | | |
|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | Leche (l/año) ¹ | Carne (kg/año) ² | Temp. °C | Precip. mm | Variación de la producción (%) |
| A1B | 2011-2020 | (246.218.491) | (22.062.409) | 0,54 | -238,59 | -1,7% |
| | 2021-2030 | (199.698.565) | (16.994.085) | 0,59 | -248,74 | -1,3% |
| | 2031-2040 | (216.389.973) | (14.225.699) | 0,89 | -264,41 | -1,4% |
| | 2041-2050 | (40.121.133) | (3.020.975) | 1,43 | -158,32 | -0,3% |
| | 2051-2060 | (143.298.576) | (13.625.638) | 1,48 | -169,44 | -1,0% |
| | 2061-2070 | (1.158.019) | 476.731 | 1,79 | -189,39 | 0,0% |
| | 2071-2080 | (106.548.241) | (9.958.961) | 2,39 | -174,09 | -0,7% |
| | 2081-2090 | (60.455.794) | (9.094.361) | 2,44 | -188,97 | -0,5% |
| | 2091-2100 | 10.656.128 | (1.109.299) | 2,74 | -201,42 | 0,0% |
| Línea Base | 1971-2010 | 6.518.000.000 | 3.055.663.190 | 23,14 | 2.076,90 | \$16.114.984.115.900 |

Fuente: Elaboración propia para el cambio sobre la producción, y para las variables climáticas se usó la información de IDEAM. Nota: El cálculo del porcentaje de pérdidas y ganancias económicas no considera los departamentos de Casanare, Guaviare y Meta.

En el caso del escenario A1B sucede lo contrario, el efecto negativo sobre la producción tiende a atenuarse, debido a que en este escenario la reducción de la precipitación es mayor en las primeras décadas y es cada vez menor en las décadas siguientes. Igualmente los incrementos de temperatura se prevén más bajos para este escenario.

Las pérdidas de producción de leche y carne para los departamentos analizados pueden alcanzar a representar 3.7% de la producción nacional actual, tal y como sucede en el caso del escenario B2 para la década 2090 (tabla 12). No obstante, la producción de leche puede llegar a experimentar pérdidas de hasta 7,6% con respecto a la producción actual de leche (tabla 12). El escenario más negativo para la producción de leche es el A2, mientras que para la producción de carne el escenario más negativo es el B2. Esto se explica porque en las regiones lecheras el escenario A2 es más drástico que el escenario B2, mientras que en las zonas de importancia de producción de carne sucede lo contrario.

6

Medidas de adaptación de Cambio Climático

6.1. Llanos orientales

Los análisis del presente estudio muestran que el cambio climático influirá sustancialmente en la producción de carne y leche de Casanare explicadas principalmente por la disminución de la precipitación y la temperatura máxima que se puede llegar a alcanzar en algunas décadas. Una circunstancia que puede llegar a potencializar el efecto negativo

del cambio climático es la baja inversión de capital para la adecuación de suelos y mejoramiento genético de los animales, además de la baja generación de empleo y casi nulo valor agregado a los productos. Los parámetros técnicos de producción ganadera para gran parte de esta región son bajos con predominancia de ganadería en sabanas nativas y una carga promedio de 0,3 animales por hectárea (ENA, 2009).

Por lo tanto, una primera medida de adaptación para los llanos orientales es consolidar un proceso de ordenamiento territorial. Para tal efecto, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (Ley 1454 de 2011) contempla una serie de instrumentos para la planificación y gestión. En este sentido, los planes de ordenamiento territorial de los municipios de los llanos orientales deben considerar como alternativa de desarrollo la producción enfocada a la cadena productiva cárnica, pero concentrando la producción en zonas con condiciones agroecológicas para la intensificación de la producción de pasturas mediante implementación y adecuado manejo de pastos mejorados y ganado. En cuanto al mejoramiento genético, se recomienda tener en cuenta las razas criollas que tienen mejores condiciones de adaptación y algunas pasturas nativas. Esta medida debe ser liderada por las Alcaldías pero con una participación más activa de Gobernaciones, Corporaciones Autónomas Regionales, Fedegán, Instituto Humboldt, UAESPNN, Corpoica.

A pesar de que las *Brachiaria* spp. parecen perder aptitud para la zona, existe la infraestructura y el potencial para lograr variedades tolerantes a las nuevas condiciones de temperatura y precipitación de la región. Por esta razón, una segunda medida es fortalecer el programa de investigación en mejoramiento de pasturas para la Altillanura, acompañado de opciones productivas alternativas para los pobladores. En este sentido, es necesario rescatar y considerar "Las apuestas productivas" resultantes de los planes de competitividad regional, que muestran una tendencia hacia la diversificación de la base económica y el desarrollo de productos y servicios con valor agregado e incorporación de tecnología en las áreas de producción láctea, acuicultura, mejoramiento de ganadería de doble propósito, ecoturismo, forestaría, porcicultura y silvicultura (DNP, 2011). En este sentido, la formulación del Conpes de la Altillanura puede constituirse en una herramienta que permita dinamizar esta medida para la región. Esta medida debe ser liderada por DNP.

A pesar de la fortaleza en la cooperación interinstitucional de la región, otro factor a tener en cuenta es la importancia de compartir, distribuir y oficializar información de los temas críticos relevantes a los procesos de planificación de las políticas que promueven las transformaciones productivas de la altillanura. Algunos proyectos que se han o se vienen desarrollando en la zona son:

- Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina (Fedegán).
- Proyecto de reconversión ganadera en San Martín, Meta (Fedegán y TNC)
- Proyecto GEF para la implementación de un proyecto piloto para el desarrollo sostenible productivo en hatos ganaderos y con producción forestal (UAESPNN).
- Reconversión ganadera y conservación de un parche de bosque en el río Capiro (TNC)



- Ganadería sostenible, en sabanas inundables en Paz de Ariporo, Trinidad y San Luis de Palenque en Arauca y Casanare. (FHV)
- El Convenio de cooperación técnica y científica para el desarrollo sostenible y competitivo de la Orinoquia colombiana suscrito entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoíca) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

6.2. Magdalena Medio

La región del Magdalena Medio se distribuye en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá, Cesar y Santander, y en menor medida entre Caldas, Cundinamarca y Tolima. Entre sus centros urbanos se destacan las poblaciones de Barrancabermeja, La Dorada y Puerto Berrío. Como actividad económica se destaca la producción ganadera extensiva y medianamente tecnificada, con más de 400.000 cabezas de ganado bovino. En esta región el 70% de las pasturas en la que se basa la dieta animal es de bajo valor nutritivo, como *Homolepis aturensis* y maciega (*Paspalum virgatum*) y algunas introducidas como *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. dictyoneura*, *Echinochloa polystachya*, *B. mutica*, *Hyparrhenia rufa*, *Dichantium aristatum*, encontrando que la producción de forraje masa seca de las anteriores especies presenta una marcada estacionalidad (Calderón et al., 1994). Esto representa una desventaja que, sumada al alto el costo de los insumos, a la mano de obra y a las secuelas de la ola invernal de 2011, ha incidido negativamente en el gremio ganadero del Magdalena Medio (CONtextoganadero, 2013).

Una medida para esta región es el ajuste de la intensidad, frecuencia y momento de pastoreo, de acuerdo a la cantidad y calidad de forraje en oferta, pensando en sistemas de utilización que permitan cosechar eficientemente el forraje en estado óptimo de crecimiento, dada la prevalencia el medio Magdalena de suelos ácidos y de baja fertilidad. Cancila et al. (2008) reporta como pastos mejor adaptados: *B. dictyoneura* (CIAT.6133), *B. brizantha* (CIAT-16488, CIAT.16212, CIAT-16121 y CIAT-16322) y *B. decumbens* (CIAT-606). Saumeth (1997) reporta el uso de colosuana (*Bothriochloa pertusa*) en un sistema rotacional que comparado al manejo tradicional fue superior con una producción de carne de 289 kilogramos por hectárea contra 139 kilogramos por hectárea del tradicional (tabla 13). Esta medida debe ser liderada por Corpoíca con el apoyo del MADR, Fedegán, las Alcaldías y las Gobernaciones.

Tabla 13. Comparación de parámetros técnicos de dos sistemas de producción bovina

| Variable | Periodo del año | | | |
|---------------------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Verano | | Transición lluvia | |
| | Rotacional | Tradicional | Rotacional | Tradicional |
| Días del periodo | 33 | 33 | 284 | 284 |
| Ganancia (g/día) | 627 | 715 | 297 | 296 |
| Carga (animales/ha) | 2,25 | 1,0 | 2,87 | 1,37 |
| Carne (kg/ha) | 46,6 | 23,6 | 241,9 | 115,2 |

Fuente: Tomado de Saumeth (1997)

Otra medida complementaria, es la rotación de pasturas con diferentes cultivos en arreglos agro-pastoriles o incluso en arreglos agro-silvopastoriles. Dentro de los planes de desarrollo de los municipios de esta región se reconoce que la producción agrícola es incipiente, por lo que se debe fortalecer el desarrollo de esta área productiva, favoreciendo a su vez la tasa de empleo en el sector rural, acorde con el Plan Nacional de Seguridad Alimentaria (PNSA). Sin embargo, estas alternativas deben ser probadas, validadas y fomentadas en la región mediante fincas piloto. Esta medida debe ser liderada por Corpoíca con el apoyo del MADR y Fedegán.

6.3. Caquetá y Guaviare

En el caso de Caquetá y Guaviare el ordenamiento territorial de la producción pecuaria es fundamental. Estas dos regiones se caracterizan por un incremento de las áreas de pasturas producto de la deforestación. La explotación pecuaria es extensiva y el componente tecnológico es muy bajo. El problema de esta ganadería extensiva es que se ha expandido sobre suelos de la planicie amazónica, susceptibles a la erosión y de drenaje pobre a moderado, representados principalmente en entisoles, ultisoles, inceptisoles y algunos oxisoles, lo que está ocasionando la degradación de dichos suelos. Por lo tanto, una primera medida es el ordenamiento territorial de producción bovina en la zona. En este sentido, es necesario definir áreas ya intervenidas que se constituyan en núcleos para la intensificación de la producción, pero mediante sistemas sostenibles como los sistemas silvopastoriles. Para esto, la generación de cartografía apropiada podría ayudar para definir la estructura ecológica de la región a una escala adecuada (ideal 1:25.000), que permita la identificación de ecosistemas estratégicos y áreas de aprovisionamiento de servicios ecosistémicos, para una adecuada zonificación de la producción agropecuaria.

Es importante intensificar la producción en las zonas donde ya existe una producción consolidada y con buenas vías de acceso, fomentando proyectos de innovación y desarrollo de las fincas ganaderas, para el establecimiento de empresas ganaderas como el caso de Friocaguan. Esta empresa es auto gestionada por los productores del departamento del Caquetá que busca solucionar los problemas de intermediación, competitividad e infraestructura. Esto crea beneficios para esta región, considerando que es una de sus principales actividades económicas y teniendo en cuenta la entrada en vigencia del Decreto 1500 de 2007, "... que crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad...", enmarcado en los lineamientos de los documentos CONPES 3375 de sanidad e inocuidad agropecuaria y de alimentos.

Se propone que las actividades ganaderas se den en lo posible bajo un enfoque ecológico, orgánico o certificado, bajo acompañamiento multidisciplinario y capacitación continua, con el apoyo de instituciones como el Sinchi, Conif, Corpoíca, Corpoamazonía, CDA entre otros. Resaltando que la Uniamazonía hace investigación forestal y silvopastoril en la región con necesidades de ampliar el conocimiento en sistemas agroforestales (Plan de Desarrollo de Caquetá, 2012; Plan de Desarrollo del Guaviare).

**Tabla 14.** Especies recomendadas para sistemas silvopastoriles para Caquetá y Guaviare.

| Especie | pH | Fertilidad | Precipitación | Adaptación |
|---|-------|--------------|---------------|--------------------------------------|
| Búcaro o (<i>Erythrina fusca</i> Loureiro) | >4,5 | Baja-media | >800mm | Tolera inundación |
| <i>Acacia mangium</i> Willd | >3,8 | Baja | >1.000mm | Tolera salinidad, sombra, Sat. de Al |
| <i>Pithecellobium saman</i> | >4,6 | Baja-media | >600mm | Necesita alto nivel freático, |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 6 | Media - Alta | >600mm | Necesita Drenaje regular |
| Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>) | >5 | Baja | >600mm | Tolera inundación temporal |
| Abarco (<i>Cariniana pyriformis</i> Miers) | 4 - 5 | Media | >2.000mm | Necesita Buen drenaje |

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto complementario de dicha medida es que se debe cerrar la frontera agrícola. Corpoamazonía, reportó que durante el año 2011 se movilizaron 83.103,90 m³ de madera. Siendo las principales especies aprovechadas: achapo (*Cedrelinga cateniformis*) marfil (*Simarouba amara*), sangre toro (*Virola theidora*), guamo (*Inga* sp.) y caimo perillo (*Couma macrocarpa*).

En este sentido, es necesario desincentivar o revertir la apertura de la frontera ganadera, pues en el periodo de 1990 –2010 la deforestación media anual a nivel nacional alcanzó 310.345 ha, siendo los departamentos del Meta, Guaviare y Caquetá los principales focos de deforestación (IDEAM, 2011), en este sentido la conservación y gestión sostenible de los bosques húmedos tropicales del norte amazónico colombiano se convierten en temas importantes dentro de los planes de desarrollo, además de otras necesidades de investigación enfocadas al establecimiento de parcelas demostrativas de producción y de propagación de material vegetal, para mejoramiento de la baja productividad agropecuaria de la región.

Esta medida debe ser liderada por las Alcaldías con el apoyo de las Corporaciones autónomas regionales, las Gobernaciones, Corpoica, MADR, Fedegán, Sinchi, y la participación de cooperación internacional.

6.4. Caribe seco y región de los santanderes, sur de Bolívar y sur de Cesar

La medida de adaptación propuesta para esta región es la intensificación adecuada de la producción bovina con base en la oferta ambiental y las condiciones socioeconómicas. En esta región el sistema doble propósito es fundamental para la subsistencia de los productores de la región. Esto se evidencia en el estudio reciente "Prioridades de la política de reconstrucción en la Región Caribe colombiana" adelantado por RIMISP (Gamarra, 2012), y en el borrador del documento de política de desarrollo para la región Caribe. Este tipo de ganadería se sustenta en que los recursos productivos más abundantes en la región son la tierra y la mano de obra no calificada, lo que hace de este tipo de sistema productivo el más rentable bajo unas condiciones de manejo mínimas. No obstante, algunos estudios

como el desarrollado por el Banco de la República (2003), demuestran que en algunas zonas como el valle del Cesar podría implementarse sistemas de lechería especializada, introduciendo animales con mayor potencial genético y reforzando la práctica de dos ordeños diarios. Esto podría entrar dentro del Conpes 3675 de política nacional para mejorar la competitividad del sector lácteo colombiano.

Dada la baja fertilidad de los suelos, los problemas de estructura física y composición química como altos valores de acidez, la saturación de aluminio, la susceptibilidad a la erosión, entre otras (Rivas y Holmann, 2002), es necesario un plan de intensificación a nivel de finca con un manejo técnico adecuado a dichas condiciones edáficas, utilizando pastos mejorados tolerantes a las características de los suelos y a las condiciones climáticas. De acuerdo con el manual de buenas prácticas agrícolas de Fedegán, es recomendado utilizar sistemas de producción multiestrato, con el fin de tener tanto especies arbóreas como rastrojos dentro de las praderas, con el fin de brindar condiciones de sombrero a los animales, conservar más humedad en el suelo y restaurar la estructura del mismo a través del uso de abonos verdes. Los árboles que se deben utilizar para este tipo de suelos son de porte medio, frondosidad media a alta, una alta tasa de desarrollo, poco demandante de agua y con raíces profundas, en densidades bajas. También se recomienda utilizar gramíneas y leguminosas herbáceas tolerantes a la sequía, a la acidez del suelo y a suelos con fertilidad baja. Algunas especies que se recomienda usar se pueden observar en la tabla 15.

Tabla 15. Especies recomendadas para el Caribe seco y la región de los santanderes, sur de Bolívar y sur de Cesar.

| Gramíneas | Acidez (pH) | Fertilidad | Precipitación (mm) | Leguminosas Herbáceas | Acidez (pH) | Fertilidad | Precipitación (mm) |
|-------------------------------|-------------|------------|--------------------|-------------------------------|-------------|------------|--------------------|
| <i>Andropogon gayanus</i> | 4 | Baja | <700 | <i>Centrosema acutifolium</i> | 4 | Baja | <1.000 |
| <i>Brachiaria brizantha</i> | 4 | Baja | <1.000 | <i>Centrosema brasilianum</i> | 4 | Baja | <600 |
| <i>Brachiaria dictioneura</i> | 3,8 | Baja | <1.000 | <i>Centrosema macrocarpum</i> | 4 | Baja | <1.000 |
| <i>Brachiaria humidicola</i> | 3,5 | baja | <1.200 | <i>Zornia latifolia</i> | 4 | Baja | <1.000 |

Fuente: Elaboración propia

Este sistema debe ser complementado con sistemas de almacenamiento de agua y riego para la época de sequía, por ejemplo, implementar proyectos de cosecha de agua, financiando la adquisición de equipos de bombeo o incentivando métodos de riego de bajo costo como riego por gravedad, teniendo un criterio técnico para evitar erosión en los suelos.

Esta medida debe ser liderada por Fedegán con el apoyo del MADR, Incoder, Corpoica, las Alcaldías y Gobernaciones.



6.5. Caribe húmedo

La medida de adaptación propuesta para esta región es la intensificación adecuada de la producción bovina con base en la oferta ambiental. El manejo adecuado de las praderas en el Caribe húmedo cobra mayor importancia dadas las condiciones de suelo presentes en la zona, según el estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Córdoba (IGAC, 2009). La mayoría del departamento presenta limitaciones de suelo debido principalmente a la poca profundidad efectiva, escasez de lluvias, susceptibilidad a la erosión, presencia de gravilla y de piedra, susceptibilidad a los encharcamientos, nivel freático alto, altos contenidos de aluminio y baja fertilidad. Por tal razón se recomienda el uso de variedades mejoradas con tolerancia a encharcamiento en épocas de lluvia y a sequía en épocas de verano. De acuerdo con estas características se recomienda el uso de las especies relacionadas en la tabla 16.

Tabla 16. Especies recomendadas para Caribe húmedo

| | Especie | Acidez (pH) | Fertilidad | Precipitación | Drenaje |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|------------|---------------|-----------------------------------|
| GRAMÍNEAS | <i>Echinochloa polystachya</i> | 4 | Media | <1.900mm | Terrenos húmedos |
| | <i>Brachiaria arrecta</i> | 4 | Baja | <1.200mm | Soporta encharcamiento |
| | <i>Brachiaria mutica</i> | 4,5 | Media | <1.000mm | Soporta encharcamiento permanente |
| | <i>Paspalum atratum</i> | 4 | Baja | <1.000mm | Tolera inundación |
| | <i>Paspalum notatum</i> | 4,3 | baja | <900mm | Tolera inundación |
| LEGUMINOSAS HERBÁSEAS | <i>Centrosema pascuorum</i> | 5 | Media | <700mm | Soporta encharcamiento |
| | <i>Centrosema plumieri</i> | 4,5 | Baja | <700mm | Encharcamiento moderado |
| | <i>Desmodium heterocarpon</i> | 4 | Baja | <1.800mm | Tolera inundación |
| | <i>Pueraria phaseoloides</i> | 3,5 | Media | <1.500mm | Aguanta encharcamiento |

Fuente: Elaboración propia

También es importante tener en cuenta el almacenamiento de agua y la implementación de sistemas de riego para mejorar la competitividad de la región, esto puede articularse con el incentivo para la Ejecución de Proyectos de Adecuación de Tierras IEPAT – DRE.

Los sistemas silvopastoriles no intensivos pueden ser muy adecuados para las proyecciones de aumento de temperatura que se prevén en la región, con el fin de brindar sombra a los animales. También se pueden implementar sistemas silvopastoriles intensivos y algunos abonos verdes en zonas muy secas, con el objetivo de conservar humedad en el suelo y brindar condiciones micro climáticas favorables para el desarrollo de los animales.

En la región Caribe seco y húmedo, los proyectos de inversión pueden ser financiados por el banco de programas y proyectos de inversión de la Gobernación de Córdoba, el fondo de compensación regional, y el fondo de compensación ambiental. Para los proyectos de adopción de tecnologías pueden accederse a créditos por medio del Incoder.

Esta medida debe ser liderada por Fedegán con el apoyo de MADR, Incoder, Corpoica, Alcaldías, Gobernaciones, y buscando la cooperación internacional y la participación de instituciones claves como CIPAV.

6.6. Nariño, Antioquia y altiplano cundiboyacense

La medida de adaptación para estas regiones es el mejoramiento del manejo del hato ganadero: un mejor manejo de las pasturas mediante rotaciones apropiadas tal como recomienda el manual de buenas prácticas agrícolas de Fedegán y pastoreos regulados, ya que al introducir al ganado en el estado vegetativo óptimo de la pastura, hay una mayor cantidad de carbohidratos disponibles y el forraje aporta más energía es fundamental en las zonas de lechería especializada. También se recomienda hacer enriquecimiento de las praderas con especies leguminosas adaptadas a condiciones de altura tales como *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Lotus corniculatus*, ya que en vacas con producciones de leche superiores a 6 a 7 kilogramos por día, la proteína cruda empieza a ser limitante.

El suplemento de energía también cobra una gran importancia debido a que la baja cantidad de carbohidratos no fibrosos de los pastos no permite una utilización adecuada de la proteína dietética por parte de los microorganismos del rumen (Van Soest, 1994), y por esta razón las vacas deben suplementarse con fuentes de carbohidratos como melaza de caña de azúcar, pectinas y almidones (granos como el maíz, sorgo, trigo o arroz, así como los subproductos de su procesamiento). Esto ayuda a la mejor digestibilidad por parte del animal, sin embargo, es importante tener en cuenta que cuando la disponibilidad del pasto es alta, la tasa de sustitución puede ser cercana a un valor de 0,62 (Bargo et al., 2003).

Estas medidas pueden ajustarse al Conpes 3675 de política nacional para mejorar la competitividad del sector lácteo colombiano.

El enfoque de política del sector agropecuario tiene como eje un alto nivel de competitividad basado en una producción de calidad a costos que garanticen la rentabilidad de las actividades productivas; de esta forma el mejoramiento de la productividad y la reducción de los costos de producción y comercialización son primordiales. Esta orientación es acorde a la visión de modernización de la ganadería colombiana que busca ser una industria rentable y sostenible, como se enmarca en el plan estratégico ganadería colombiana 2019.

Esta medida debe ser liderada por Corpoica con el apoyo de Fedegán, Analac y MADR.

7

Recomendaciones de política

Destinar mayores recursos a investigación y validación de alternativas a través del fortalecimiento de los institutos de investigación con un enfoque de gestión por resultados. Para esto es necesario que el MADR establezca la línea base existente en materia de investigación de ganadería bovina para las diferentes regiones, identifique las necesidades, y trace una política de investigación con un enfoque de gestión por resultados de acuerdo a la línea base y a las demandas regionales. Al mismo tiempo se requiere una destinación



mayor del Gobierno central en investigación y validación de alternativas de producción sostenible. Igualmente, es importante que las líneas de crédito y las tasas de interés incentiven las alternativas agropecuarias que menor impacto tengan sobre el medio ambiente.

Otro aspecto importante es profundizar en los análisis de oferta ambiental para la ganadería para las diferentes regiones geográficas, con énfasis en variabilidad climática. Posteriormente, construir en conjunto, entre gremio, institucionalidad pública, academia, y actores regionales, un plan de recomendaciones de adaptación para cada región con base en la oferta tecnológica actual. Asimismo, identificar la demanda de investigación para cada región en materia de ganadería e incorporarla en la agenda nacional de investigación. Esta medida debe ser liderada por el MADR, con el apoyo de Corpoica, Fedegán y las secretarías departamentales de agricultura.

Es necesario que se preste mayor atención y recursos a la implementación de los programas y proyectos de riego con énfasis en sistemas eficientes y un uso con base en los requerimientos de los cultivos. En el caso de muchas zonas de ganadería bovina la producción está sujeta a la estacionalidad de las lluvias, por lo tanto contar con adecuados sistemas de almacenamiento de agua y sistemas de riego eficientes serán de gran utilidad para mejorar la producción y garantizar la adaptación para las condiciones climáticas futuras. En este sentido, las convocatorias que realiza el MADR a través del Incoder para el otorgamiento del incentivo para la ejecución de proyectos asociativos de adecuación de tierras deberían tener una convocatoria o línea especial enfocada a la adaptación al cambio climático. Con esto se pretendería priorizar aquellas regiones ganaderas más vulnerables ante el cambio climático pero sin perder de vista el marco del programa de reconversión de la ganadería colombiana.

Es necesario fortalecer las políticas tendientes al cierre de la frontera ganadera en la frontera de la selva amazónica. En este caso, es importante empezar a crear un blindaje social en estas zonas de interfaz entre agricultura y bosque. Este blindaje se logra en la medida que los pobladores de estas zonas son involucrados en la conservación de estas áreas y se ven beneficiados económicamente de dicha conservación.

El ordenamiento territorial es fundamental en todo este proceso de modernización de la producción de la ganadería bovina. Aquí, los planes de ordenamiento territorial de los municipios son fundamentales y en coordinación con los POMCA. Para esto, la información cartográfica debe mejorarse a nivel nacional, ojala información sobre suelos y cobertura de uso del suelo a escala 1:25.000 a nivel nacional. Igualmente importante es la línea base sobre investigación acerca de producción ganadera sostenible e información sobre validación de alternativas para cada región.

Es fundamental la coordinación de políticas, programas y proyectos que aporten a la modernización de la ganadería colombiana de forma sostenible. Fedegán tiene su plan estratégico de la ganadería colombiana 2019 que apunta en gran parte a la modernización y eficiencia de la producción bovina. Actualmente, se encuentra en negociaciones el proyecto de ley sobre reconversión de la ganadería colombiana, el cual es un espacio fundamental para la articulación de las diferentes iniciativas. Igualmente, es importante incorporar el ordenamiento territorial de la producción ganadera que incluya información

sobre cambio climático. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del sector agropecuario debe considerar la información sobre impacto del cambio climático sobre la ganadería, especialmente la relacionada con la producción de forraje.

8

Conclusiones

Los análisis muestran que el sector ganadero es muy vulnerable al cambio climático, especialmente la producción de leche, que puede llegar a tener pérdidas superiores al 20% con respecto a la producción actual. En términos de regiones, Nariño es el departamento más afectado en cuanto a producción de leche, mientras que Córdoba y Casanare serían los más afectados en cuanto a la producción de carne.

El efecto del cambio climático no es necesariamente progresivo, ya que en algunos casos el impacto del cambio climático sería alto desde las primeras décadas y se mantendría con el tiempo, mientras que en otros casos este efecto se reduciría paulatinamente y en otros casos se incrementaría. Igualmente, es necesario resaltar que no en todos los casos de producción de leche y carne el efecto del cambio climático sería negativo. En este sentido es fundamental que el ordenamiento territorial, y la formulación de políticas, programas y proyectos consideren los impactos del cambio climático en la ganadería desde un enfoque territorial. Para esto se requiere difundir los resultados de este estudio en las diferentes regiones, entidades e instituciones pertinentes para que analicen, bajo una mirada regional, posibles medidas de adaptación y acciones que permitan una planeación del territorio con información sobre aspectos climáticos.

Igualmente, es importante capacitar a técnicos regionales en el conocimiento e interpretación de los escenarios de cambio climático y su análisis bajo la luz del conocimiento del contexto regional. Otro aspecto a tener en cuenta es la necesidad de profundizar los estudios, especialmente en regiones que han sido identificadas por el gremio como los clúster de producción de leche y carne.

La investigación, validación y fomento del mejoramiento de pasturas será fundamental en el proceso de adaptación al cambio climático. Sin embargo, es necesario conocer muy bien las demandas tecnológicas locales de acuerdo a la oferta ambiental y condiciones socioeconómicas de cada región.

El manejo del recurso hídrico será determinante en la competitividad de las regiones. Es necesario diseñar e implementar sistemas de almacenamiento de agua y sistemas de riego para las pasturas en especial para la zona norte del país y en los altiplanos que serán los más afectados por aumento de temperatura y disminución de la precipitación.

El proyecto de ley sobre reconversión ganadera en Colombia será determinante para diferentes propósitos. Promoverá la modernización de la tecnología de la producción bovina, el uso eficiente de los recursos naturales y la ordenación de la producción con base en la oferta ambiental y las tecnologías disponibles.



Bibliografía

- Bargo, F., Muller, L. D., Kolver, E. S., y Delohoy, J. E. 2003. Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*. 86 (1): 1-42.
- Canchila, E. R., Ojeda, F., Machado, R., Soca, M., Toral, O. y Blanco, D. 2008. Evaluación agronómica de accesiones de *Brachiaria* spp. en condiciones agroecológicas de Barrancabermeja, Santander, Colombia. II. Segundo año de evaluación. *Pastos y Forrajes*. 31(2).
- Contextoganadero. 2013. Ganaderos del Magdalena Medio esperan un 2013 más próspero. En: <http://contextoganadero.com/regiones/ganaderos-del-magdalena-medio-esperan-un-2013-mas-prospero>. Consulta:
- DNP. 2011. Caracterización de las condiciones desarrollo territorial de la altillanura. Desarrollo territorial y convergencia regional con base en la transformación productiva.
- BID-CEPAL-DNP. 2014. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis. S. Calderón, G. Romero, A. Ordóñez, A. Álvarez, C. Ludeña, L. Sánchez, C. de Miguel, K. Martínez y M. Pereira (editores). Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 221 y Naciones Unidas, LC/L.3851, Washington D.C.
- Chamorro Viveros, D. R., Carulla Fornaguera, J. y Cuesta Muñoz, P. A. 2005. Caracterización nutricional de dos asociaciones de gramínea - leguminosa con novillas en pastoreo en el Alto Magdalena. *Revista COR-POICA Ciencia y Tecnología Agropecuaria (Colombia)*. v.6 (2) p.37-51. 0122-8706.
- DANE. Cuentas Nacionales, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2011. Boletín mensual Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Núm. 4 DANE.
- Fedegán. 2012. Análisis del inventario Ganadero colombiano, Comportamiento y variables explicativas. <http://www.fedegan.org.co/publicaciones/analisis-del-inventario-ganadero-colombiano-comportamiento-y-variables-explicativas>.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). 1975. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Technical Bulletin 33, Her Majesty's Stationary Office, London.
- Oregon State University. 1999. Brochure: Perennial Ryegrass. Oregon Ryegrass Growers Seed Commission. Consultado el 11/05/2005 In: www.ryegrass.com.
- Posada Ochoa, S., Cerón, J. M., Arenas, J., Fernando Hamedt, J., y Álvarez, A. 2013. Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium* sp.) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 23-32.
- Subcommittee on Feed Intake, Committee on Animal Nutrition, National Research Council. 1987. "Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals", Washington D.C.
- Villalobos, L., Sánchez, J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agron Costarricense*; 34 (1): 31-42.
- Yuseika O., Machado, R. y del Pozo, P. 2006. *Pastos y Forrajes*, Vol. 29, No. 1, p.5.

Anexo I: Estaciones climáticas utilizadas

| CODIGO | NOMBRE | MUNICIPIO | DEPARTAMENTO | ELEVACIÓN | LONGITUD | LATITUD | EDAD |
|----------|--------------------|-----------------------|--------------|-----------|------------|-----------|------|
| 27015090 | Tulio Ospina | Bello | Antioquia | 1.438 | -75,552500 | 6,321111 | 61 |
| 26255020 | Sta Isabel | Valdivia | Antioquia | 1.200 | -75,442278 | 7,157278 | 41 |
| 21205790 | Apto El Dorado | Bogotá | Bogotá | 2.547 | -74,150667 | 4,705583 | 39 |
| 21205590 | Apto Guaymaral | Bogotá | Bogotá | 2.560 | -74,083333 | 4,816667 | 46 |
| 21205520 | Eldorado Didáctica | Bogotá | Bogotá | 2.546 | -74,150000 | 4,700000 | 41 |
| 21206050 | Esc Col Ingeniería | Bogotá | Bogotá | 2.650 | -74,045556 | 4,788333 | 22 |
| 21205710 | Jardín Botánico | Bogotá | Bogotá | 2.552 | -74,102667 | 4,669333 | 37 |
| 21205230 | Obs Met Nacional | Bogotá | Bogotá | 2.556 | -74,100000 | 4,633333 | 52 |
| 21206220 | Univ Nacional | Bogotá | Bogotá | 2.556 | -74,089083 | 4,638083 | 24 |
| 21205580 | Venado Oro Vivero | Bogotá | Bogotá | 2.725 | -74,061556 | 4,598361 | 46 |
| 46035020 | Pto Rico | Puerto Rico | Caqueta | 285 | -75,150667 | 1,917528 | 39 |
| 28035030 | Apto Alfonso Lopez | Valledupar | Cesar | 138 | -73,249444 | 10,439444 | 43 |
| 28035020 | Callao El | Valledupar | Cesar | 110 | -73,319444 | 10,363056 | 43 |
| 25025170 | Colomboy | Sahagun | Cordoba | 125 | -75,498833 | 8,740861 | 38 |
| 21205740 | Silos | Choconta | Cundinamarca | 2.709 | -73,701417 | 5,117722 | 37 |
| 21205700 | Guasca | Guasca | Cundinamarca | 2.750 | -73,868111 | 4,879861 | 37 |
| 21205420 | Tibaitata | Mosquera | Cundinamarca | 2.543 | -74,209000 | 4,691417 | 57 |
| 21205400 | Checua-Nemocon | Nemocon | Cundinamarca | 2.580 | -73,866667 | 5,116667 | 58 |
| 21205720 | San Jorge Gja | Soacha | Cundinamarca | 2.900 | -74,189278 | 4,505750 | 51 |
| 52055010 | Apto San Luis | Aldana | Narino | 2.961 | -77,677750 | 0,857083 | 70 |
| 52055030 | Bombona | Consaca | Narino | 1.493 | -77,465111 | 1,184361 | 43 |
| 52055040 | Botana | Pasto | Narino | 2.820 | -77,278806 | 1,160000 | 32 |
| 52045010 | Obonuco | Pasto | Narino | 2.710 | -77,303083 | 1,198222 | 58 |
| 52055090 | Sindagua | Tangua | Narino | 2.800 | -77,389361 | 1,107583 | 24 |
| 35225020 | Módulos | Orocue | Casanare | 130 | -71,433056 | 4,910472 | 30 |
| 35215010 | Apto Yopal | Yopal | Casanare | 325 | -72,387500 | 5,320444 | 37 |
| 32105070 | San Jose Guaviare | San Jose del Guaviare | Guaviare | 165 | -72,647083 | 2,553028 | 28 |
| 35125010 | Margaritas Las Hda | Puerto Lopez | Meta | 150 | -72,156361 | 4,340556 | 35 |

Fuente: IDEAM

IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

SECTOR GANADERO

Publicaciones relacionadas:

- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Síntesis
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Transporte
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Pesquero
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Forestal
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Recurso Hídrico
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Especies Nativas y Biocomercio
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Costos Económicos de los Eventos Extremos
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Análisis Costo-Beneficio de Medidas de Adaptación



DNP Departamento
Nacional
de Planeación

