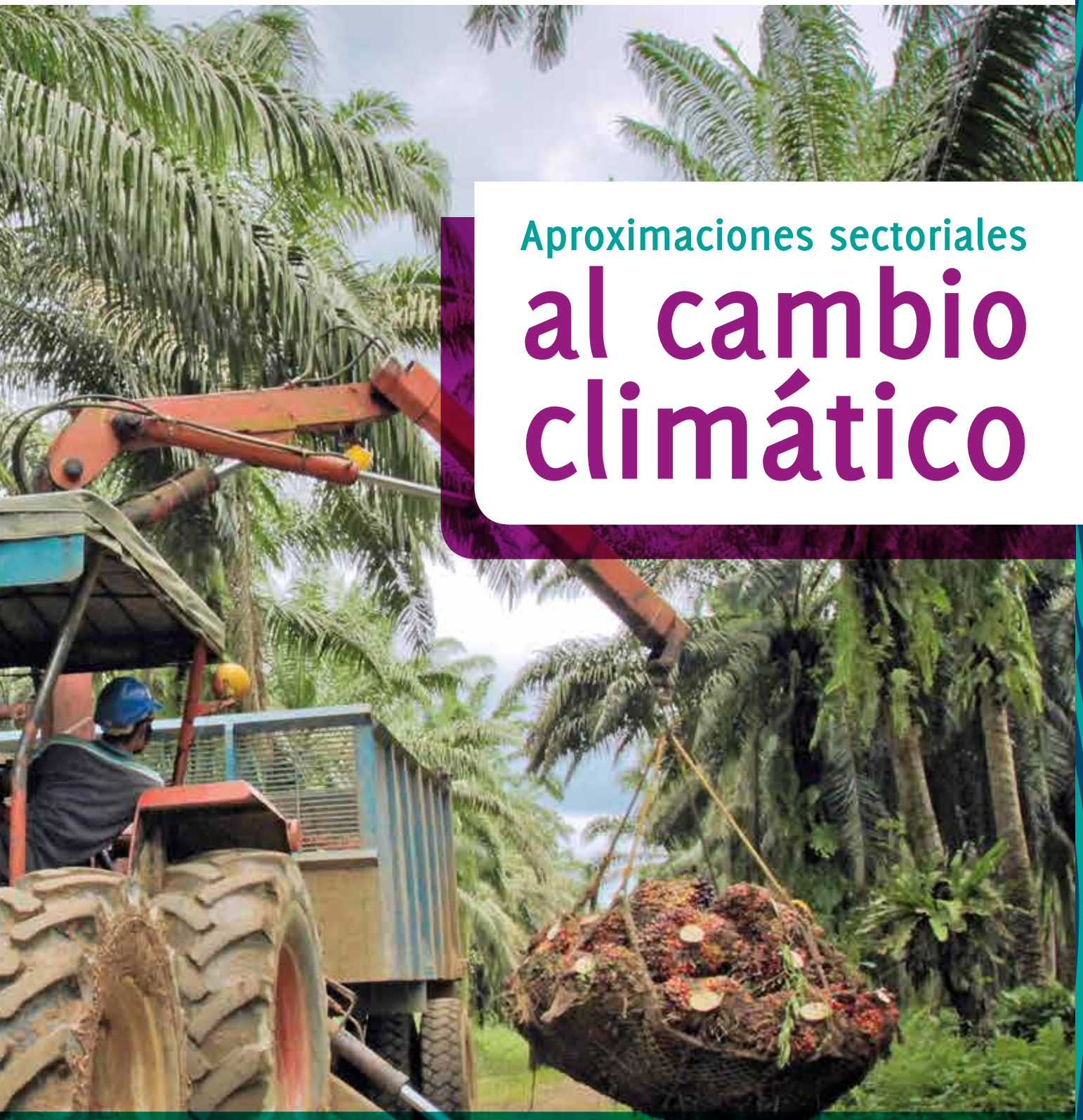


Aproximaciones sectoriales al cambio climático



Aproximaciones sectoriales al cambio climático

© Cormacarena

© WWF-Colombia

ISBN impreso: 978-958-8353-86-9

ISBN digital: 978-958-8353-87-6

Elaborado por:

Darío Zambrano

Consultor WWF-Colombia

Jhoanata Bolívar

Consultora WWF-Colombia

Verónica Robledo

Consultora de Política WWF-Colombia

Dirección técnica

Susana Vélez

Especialista Forestal y Cambio Climático
WWF-Colombia

María Ximena Barrera

Directora de Política WWF-Colombia

Coordinación editorial

Carmen Ana Dereix

Oficial de Publicaciones y Marca WWF-Colombia

Diseño y diagramación

El Bando Creativo

Primera edición

Santiago de Cali, octubre de 2014

Convenio de Asociación

PE.GDE.1.4.8.1.13.027

Objeto: Aunar esfuerzos interinstitucionales entre la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) y el Word Wildlife Fund, Inc. (WWF), para construir una estrategia de trabajo con cuatro sectores productivos en la jurisdicción de la corporación para abordar temas de mitigación y adaptación al cambio climático.

Las denominaciones geográficas en este documento y el material que contiene no entrañan, por parte de WWF, juicio alguno respecto de la condición jurídica de países, territorios o áreas, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

Contenido

SIGLAS	5
---------------------	----------



PRESENTACIÓN	7
---------------------------	----------



CONCEPTOS BÁSICOS	9
--------------------------------	----------

- ¿Qué es cambio climático? 9
- Efecto invernadero 9
- ¿Cuáles son los gases de efecto invernadero? 10
- Vulnerabilidad 11
- Adaptación y mitigación 12
- ¿Qué es ser climáticamente inteligente? 13
- Hacia una economía baja en carbono. 13



APROXIMACIÓN SECTORIAL AL CAMBIO CLIMÁTICO	15
---	-----------

- Estado actual de los sectores en el departamento del Meta 16
- Impactos potenciales de los cambios y fenómenos hidrometeorológicos sobre los sectores arroz, palma de aceite, ganadería e hidrocarburos. 19
 - Sector arroz 19
 - Sector palma de aceite 22
 - Sector ganadería. 26
 - Sector hidrocarburos. 30



ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN

Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO33

■ Sector agrícola.	34
■ Cambio en el manejo de suelos agrícolas	34
■ Gestión del suelo y de los nutrientes	34
■ Captación y utilización de aguas	35
■ Cosecha, procesamiento y cadenas de suministro	35
■ Sector pecuario	36
■ Prácticas para la mitigación de CH ₄ entérico	37
■ Prácticas de mitigación en la gestión del estiércol.	38
■ Prácticas de mitigación en la crianza del ganado.	38
■ Estímulo de actividades de agrosilvopastoriles	38
■ Pagos por servicios ambientales	39
■ Sector hidrocarburos	39
■ Referencias	42

Siglas

CC	Cambio Climático
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
ECDBC	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (por su sigla en inglés)
FNCE	Fuentes No Convencionales de Energía
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente (por su sigla en inglés)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por su sigla en inglés)
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
PHL	Pérdidas Poscosecha
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PSE	Pago por Servicios Ambientales
UGG	Unidad de Gran Ganado
UNFCCC	Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (por su sigla en inglés)
URE	Uso Racional de Energía





Presentación

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que la humanidad deberá afrontar en el presente siglo. Amenaza el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM¹) y puede acarrear un retroceso en los niveles de desarrollo humano en todos los países, especialmente en aquellos en desarrollo y en las comunidades más pobres y vulnerables (PNUD, 2010). En Colombia los cambios en el clima ya han generado pérdidas no solo económicas, sino humanas.

La Segunda Comunicación de Cambio Climático de Colombia (IDEAM, 2010) muestra para el 2070 tendencias a un aumento de las temperaturas medias en el país de entre 2 °C y 4 °C, y una modificación en las condiciones hidrológicas, con reducción de las precipitaciones, que en algunas regiones pueden ser de hasta un 30%. Con el aumento de la temperatura se esperan inundaciones y sequías más frecuentes y severas, también se agravan los efectos de desertificación, erosión y pérdida de biodiversidad. Las consecuencias del calentamiento global ya se hacen evidentes, y los

sectores demandan medidas de acción para adaptarse y evadir futuras pérdidas económicas (Fedearroz, 2011, 2013).

El departamento del Meta es uno de los más importantes proveedores de bienes y servicios del centro del país. Se exportan productos agropecuarios como arroz, plátano, frutales y ganado en pie. Así mismo, se erige como uno de los productores más destacados de aceite de palma, sorgo y soya. Sigue teniendo un puesto especial su producción de petróleo y gas (PNUD, s.f.). Estos sectores, además de aportar a la economía nacional, son generadores de gases de efecto invernadero y presentan una alta vulnerabilidad frente a los cambios en el clima.

Este documento forma parte de las actividades contempladas en el Convenio Interinstitucional PE.GDE.1.4.8.1.13.027, suscrito entre Cormacarena y WWF, que tiene por objeto: "Aunar esfuerzos interinstitucionales entre Cormacarena y World Wildlife Fund Inc., para construir una estrategia de trabajo con cuatro sectores productivos en la jurisdicción de la Corporación para abordar temas de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático".

-
- 1. Los ODM son ocho:** **1.** Erradicar la pobreza extrema y el hambre. **2.** Lograr la enseñanza primaria universal. **3.** Promover la igualdad de los sexos y el empoderamiento de la mujer **4.** Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años. **5.** Mejorar la salud maternal. **6.** Combatir el VIH/Sida y combatir la malaria y otras enfermedades. **7.** Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. **8.** Fomentar una alianza mundial para el desarrollo.





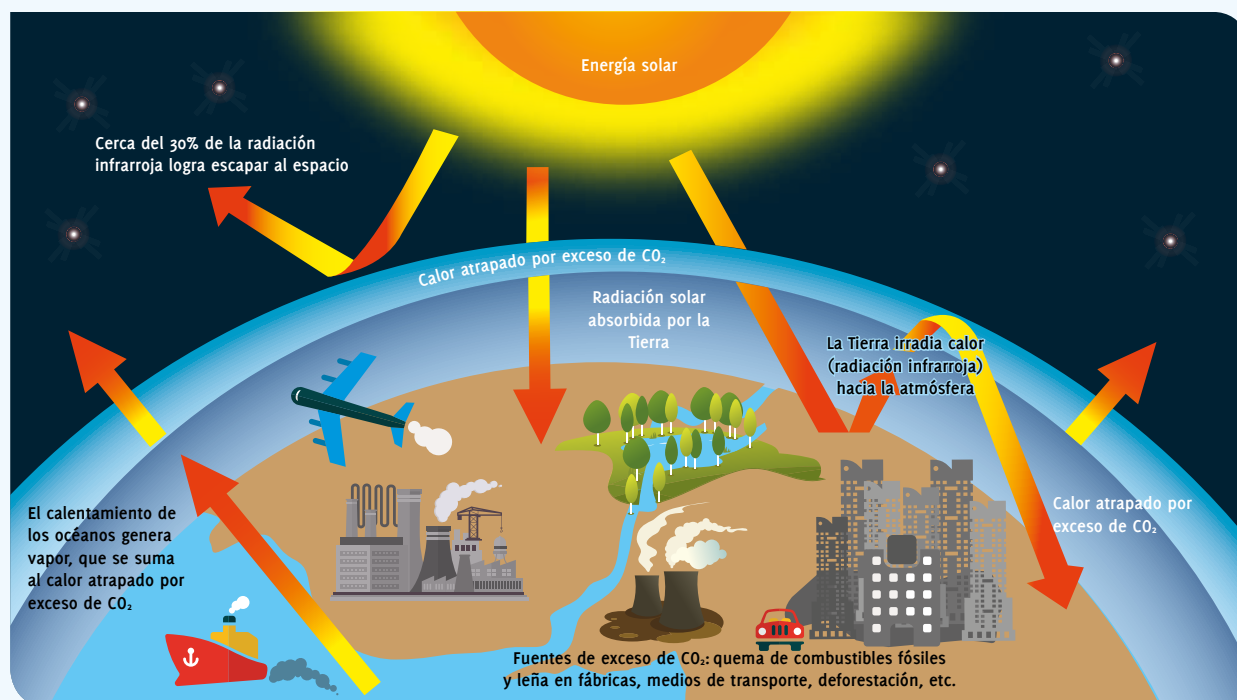
Conceptos básicos

¿Qué es cambio climático?

El cambio climático (CC) se refiere a la modelación climática que está experimentando el planeta por causa de las actividades del hombre, la cual es superior a las variaciones naturales que se podrían reflejar en los calendarios ecológicos. Este fenómeno se ha generado debido al incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), que recubren la Tierra y, de manera natural, mantienen su temperatura dentro de rangos que consideramos adecuados. Si estos gases aumentan, aumenta la temperatura y se altera el clima del planeta (Ortega *et al.*, 2011). Hace cerca de 200 años, la producción de GEI empezó a intensificarse a causa de diversos factores como la quema de combustibles fósiles (entre ellos el gas, el carbón y los derivados del petróleo), el crecimiento de la población mundial y el incremento en la deforestación.

Efecto invernadero

Este es un fenómeno natural en el que los gases que se encuentran en la atmósfera terrestre retienen parte del calor del sol que es reflejado por la superficie de la Tierra, lo cual conserva las temperaturas en niveles que permiten la vida.

Figura 1 Esquema del funcionamiento del Efecto Invernadero

¿Cuáles son los gases de efecto invernadero?

Los gases de efecto invernadero son aquellos que por sus características químicas permiten la absorción del calor; estas sustancias incluyen el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y gases fluorados. Los GEI son producidos por casi cualquier actividad económica diaria como la industria, los cultivos y la ganadería. La emisión GEI por actividades antrópicas está sobrepasando la velocidad con que la naturaleza los acumula en los mares, los suelos y los árboles, por lo tanto, se convierten en un problema, ya que estos gases se van a la atmósfera y generan el calentamiento global. La larga vida que tienen estos gases en la atmósfera, al igual que su capacidad para almacenar el calor (Tabla 1), hacen que nuestras acciones presentes tengan consecuencias a largo plazo, de esta manera se altera progresivamente el clima global.

El principal gas de efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO₂), el cual contribuye al 76% del calentamiento global. Su emisión procede de todo tipo de combustión: madera, carbón, petróleo, gas natural o de cualquier caldera o motor. Los cambios en el uso del suelo y la deforestación aportan una cuarta parte de esta emisión. Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007), las concentraciones atmosféricas se han incrementado en un 31% desde 1975, como consecuencia de ello la temperatura media global ascendió entre 0,6 °C y 0,7 °C durante el siglo XX. El segundo gas de efecto invernadero es el metano (CH₄), que contribuye al 13% del calentamiento global. Se origina por la actividad de bacterias descomponedoras en zonas pantanosas, cultivos como el arroz, vertederos de basura y en las emisiones desde el tracto intestinal del ganado. Otro gas de efecto invernadero es el óxido nitroso (N₂O) que proviene principalmente del uso de fertilizantes, aunque también se origina en motores

de automóviles y aviones, al igual que en procesos industriales y quema de biomasa. Por su parte, los gases fluorados son compuestos químicos artificiales con múltiples usos industriales en sistemas de refrigeración, aerosoles y aislantes eléctricos. Estos compuestos contribuyen enormemente al calentamiento global por su potencial de calentamiento y duración en la atmósfera (Tabla 1).

Tabla 1 Gases de efecto invernadero

	Contribución al calentamiento	Potencial de calentamiento	Tiempo de vida (años)
Dióxido de carbono	76%	x1	9-30
Metano	13%	x25	12
Óxido nitroso	6%	x310	114
Compuestos fluorados	5%	hasta x15.000	>260

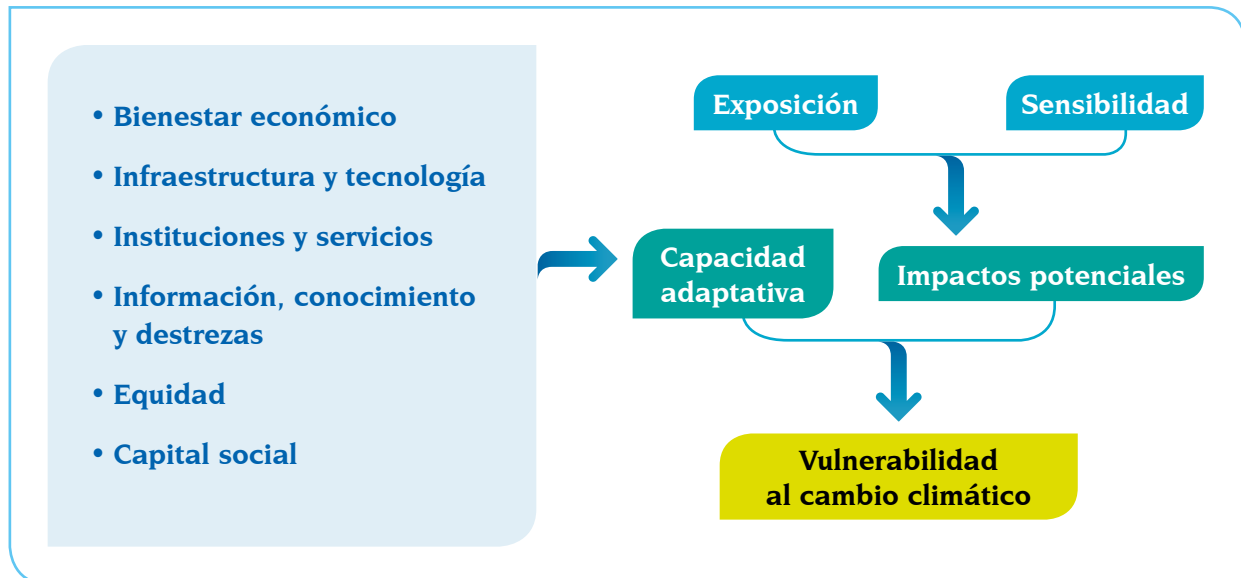
Fuente: EPA, 2006

Vulnerabilidad

El IPCC define la vulnerabilidad como el nivel al cual un sistema es susceptible, o es incapaz de enfrentarse a los efectos desfavorables del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos adversos. La vulnerabilidad también puede ser interpretada como los impactos residuales del cambio climático después de haber implementado las medidas de adaptación. Por lo tanto, la vulnerabilidad climática es altamente dependiente del contexto y de la escala (Wilby & Miller, 2009).

La vulnerabilidad al cambio climático está determinada por tres componentes principales: la sensibilidad, la exposición y la capacidad adaptativa. De este modo, la determinación de la vulnerabilidad está supeditada a la evaluación de cada uno de estos componentes. De acuerdo con Glick *et al.* (2011), la sensibilidad considera la tolerancia de un sistema a los cambios; la exposición se refiere a cambios en los factores extrínsecos, enfocándose en el carácter, la magnitud y la tasa de dichos cambios; y por último, la capacidad adaptativa se refiere a la capacidad de un sistema de hacerle frente a los impactos del cambio climático con un trastorno mínimo. La Figura 2 esquematiza el proceso de análisis de vulnerabilidad al cambio climático.



Figura 2 Componentes del análisis de vulnerabilidad al cambio climático

Fuente: Adaptado de Metz, 2010

De acuerdo con el IDEAM (2010), la vulnerabilidad de un país frente a las condiciones extremas debido a factores y elementos del clima está relacionada principalmente con la difusión y la comprensión de la información climática, socioeconómica y cultural; la capacidad técnica para aplicar instrumentos, estrategias y medidas preventivas; y la disponibilidad de recursos financieros para aplicar estas medidas.

Adaptación y mitigación

Ante la inminencia de los cambios en el clima y de los efectos que estos pueden tener, los gobiernos, los sectores económicos y la población civil deberán tomar medidas para reducir las causas del cambio climático (la emisión de gases de efecto invernadero) y ajustarse ante los posibles cambios. Las medidas para reducir los riesgos al cambio climático se conocen como mitigación y adaptación, y están muy entrelazadas: entre más exitosa sea la mitigación mucho menos se necesitará la adaptación.

La primera acción que debe realizarse para reducir los riesgos asociados al cambio climático es la **mitigación**, la cual involucra las actividades que se llevan a cabo con el propósito de disminuir emisiones de gases de efecto invernadero. Algunas alternativas para la mitigación son: la utilización de fuentes de energía renovables como la solar o la eólica (por viento), el aumento en la eficiencia de los sectores energéticos, industriales y de transporte, la reducción del consumo de combustibles fósiles, etc.

Por otro lado, la **adaptación** al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Existen varios tipos de adaptación, entre ellos, la preventiva y la reactiva, la pública y la privada, o la autónoma y la planificada (IPCC, 2013). El objetivo de la adaptación es reducir el riesgo climático por medio de la identificación de las posibles amenazas, los factores que hacen

más susceptible una zona, infraestructura, población o sector económico, además de determinar dónde hay más probabilidad de que ocurra un desastre debido a fenómenos relacionados con el clima. La adaptación no es solo una iniciativa pública, pues tanto las poblaciones como los sectores económicos deberán tener identificadas sus susceptibilidades y liderar su adaptación.

¿Qué es ser climáticamente inteligente?

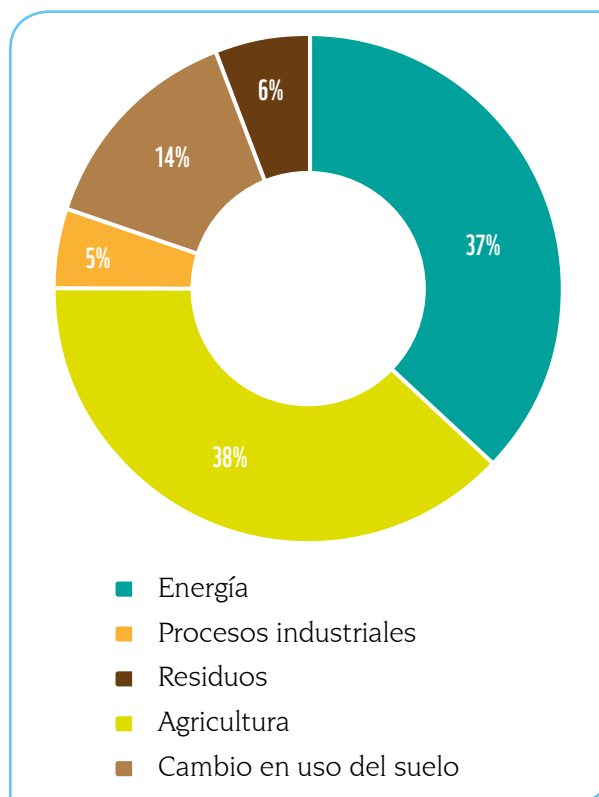
Ser climáticamente inteligente significa entender que el clima es dinámico e interactúa con otras variables ambientales, por lo tanto ofrece escenarios variables para los sistemas ecológicos y sociales que es necesario abordar mediante objetivos visionarios que consideran consciente y deliberadamente los riesgos, retos y oportunidades de un clima cambiante (WWF, 2014).

Hacia una economía baja en carbono

De acuerdo con el nivel de desarrollo, Colombia es un país atípico en cuanto a sus emisiones de GEI, mientras en los países desarrollados el principal aporte lo ocasiona la generación de energía, en los países en vía de desarrollo prima el cambio en el uso del suelo, en buena medida por la deforestación (Herrera *et al.*, 2010).

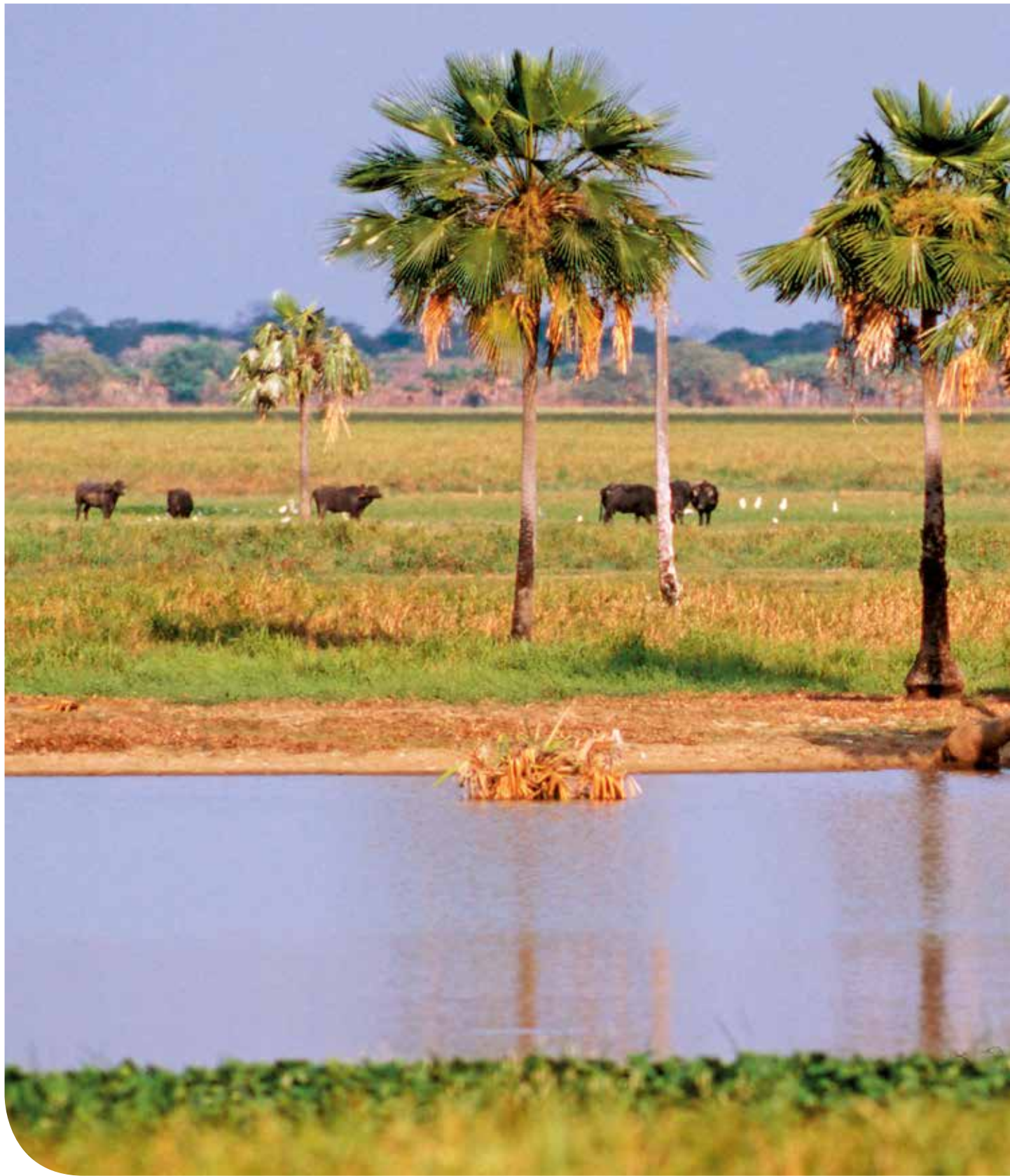
El aporte de emisiones de GEI en Colombia llegó en 2004 al 0,37% del total mundial (IDEAM, 2010). Los sectores de energía y agricultura son los mayores contribuyentes, alcanzando el 75% del total de las emisiones del país (Figura 3). Algunas de estas actividades incluyen, por ejemplo, las minas de carbón, el petróleo, el gas y el consumo de combustibles por todos los sectores. El sector agricultura abarca actividades como la quema de residuos, el manejo de estiércol, la fermentación debida a procesos digestivos de los animales y el uso de fertilizantes.

Figura 3 Aporte de emisiones de carbono por sector económico



Fuente: IDEAM, 2010

Las proyecciones apuntan al crecimiento de la economía colombiana, por lo tanto se prevé que las emisiones asociadas a los principales sectores económicos, aumenten con el tiempo. El Estado colombiano es consciente de esta situación, es por esto que viene trabajando de la mano con diferentes sectores en la construcción de estrategias que permitan el desarrollo económico, pero con menores emisiones de GEI. Entre estas se encuentra la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo, que busca desligar el crecimiento de las emisiones de GEI del crecimiento económico nacional. Esto se hará a través del diseño y la implementación de medidas sectoriales de mitigación que maximicen la carbono-eficiencia de la actividad económica del país y que a su vez contribuyan al desarrollo social y económico nacional.





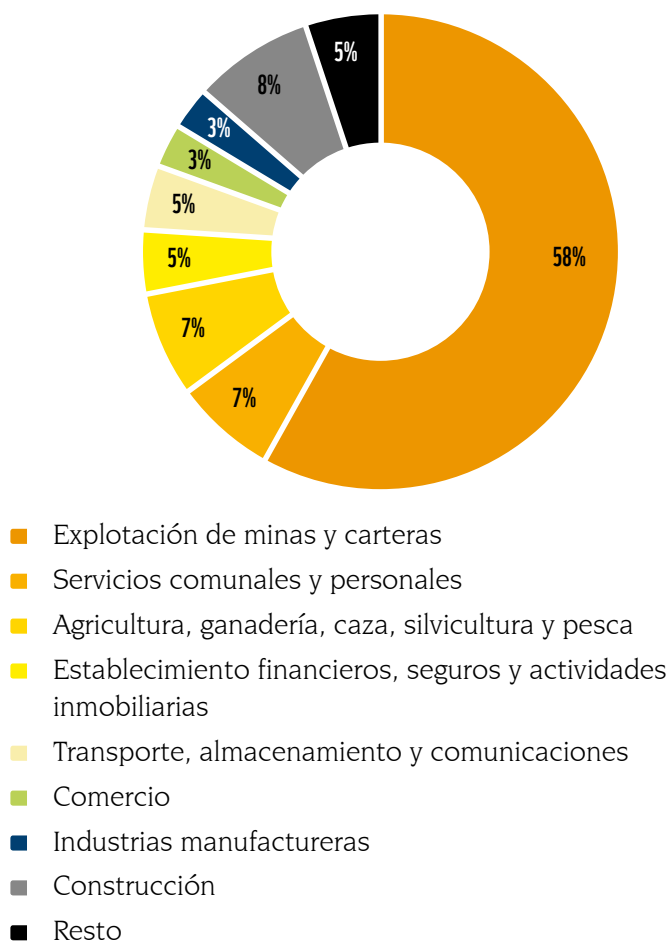
Aproximación sectorial al cambio climático

Estado actual de los sectores en el departamento del Meta

Durante los últimos diez años la economía del departamento del Meta se ha destacado por su crecimiento y contribución a la economía colombiana.

Es así que en 2012, el departamento aportó el 5,7% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, esto es, 38 mil millones de pesos. En paralelo, el crecimiento de la economía del Meta ha estado en el primer puesto a nivel nacional durante la última década, con un promedio de 11,4% anual, muy superior al promedio nacional de 4% (DANE, 2013). Este crecimiento es en gran proporción atribuido a las actividades minero/energéticas y al sector palmero que junto a sectores tradicionales como el arrocero y el ganadero son los mayores sectores económicos del departamento (Figura 4).

Figura 4 Estructura del Producto Interno Bruto (PIB) por sectores en el departamento del Meta

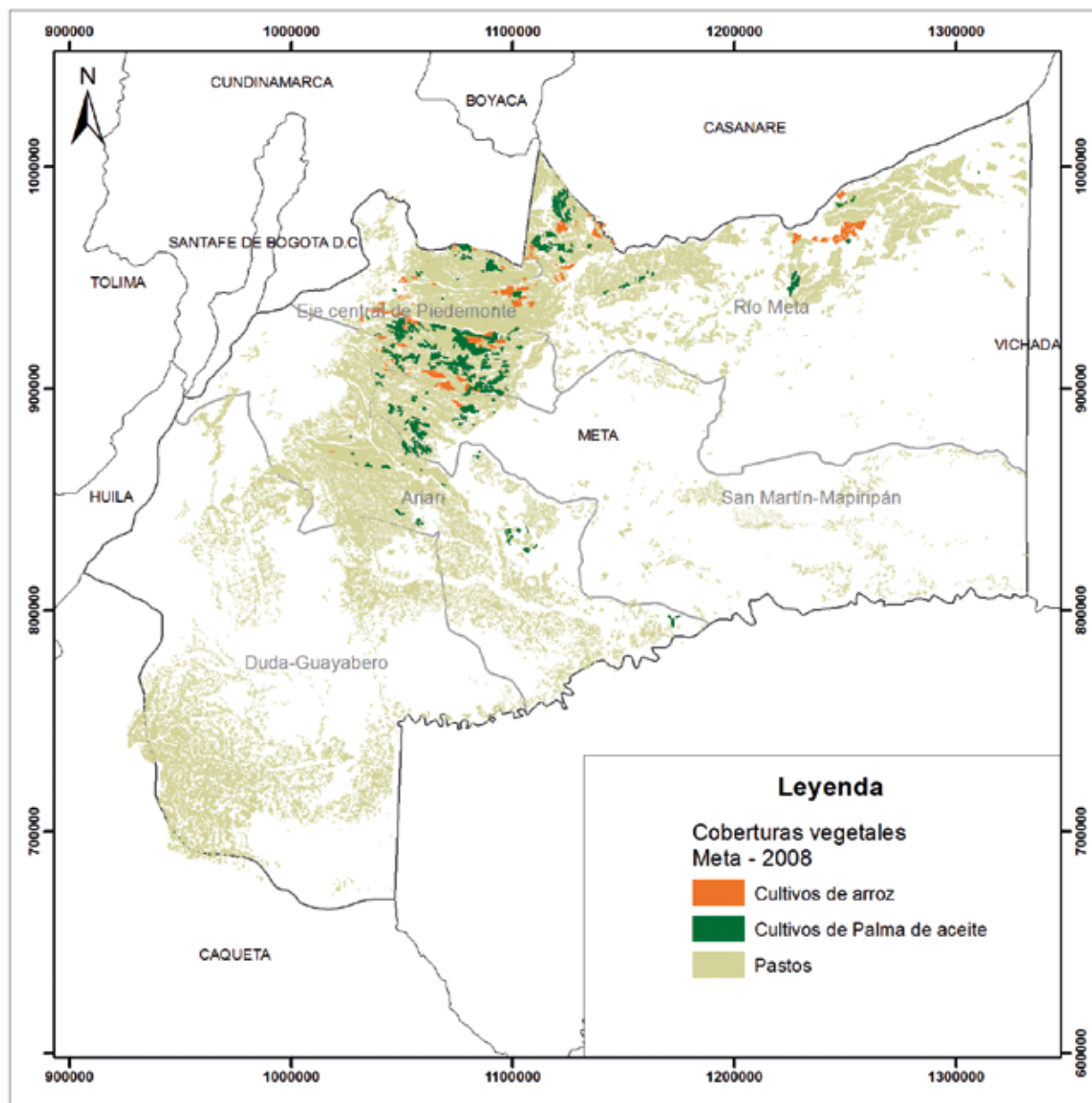


Fuente: DANE - Cuentas Nacionales Departamentales, 2013



Los cuatro sectores productivos más grandes del departamento del Meta, arroz, palma de aceite, hidrocarburos y ganado, tienen distinta distribución a lo largo de las cinco subregiones del Meta: Ariari, Duda-Guayabero, Piedemonte, Río Meta y San Martín-Mapiripán (Figura 5). Así por ejemplo, los cultivos de arroz y palma ocupan principalmente las subregiones de Río Meta y Piedemonte, mientras que la ganadería se distribuye en todas las subregiones, y la actividad de exploración y extracción de hidrocarburos se concentra en todas las subregiones, excepto en Duda-Guayabero. Cada región tiene características particulares de humedad, temperatura, suelos y disponibilidad de agua, lo que determinará el impacto del cambio climático en los sectores productivos.

Figura 5 Subregiones del departamento del Meta y distribución de sus principales sectores productivos



Fuente: Modificado de PNUD, s.f.

Impactos potenciales de los cambios y fenómenos hidrometeorológicos

sobre los sectores arroz, palma de aceite, ganadería e hidrocarburos

Sector arroz

Los factores climáticos tales como temperatura, precipitación, radiación solar y viento, tienen influencia sobre el rendimiento del arroz, ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del grano. Estos factores también afectan indirectamente el rendimiento, lo cual aumenta el daño causado por las plagas y las enfermedades (Chaudhary *et al.*, 2003; Sheil *et al.*, 2009).

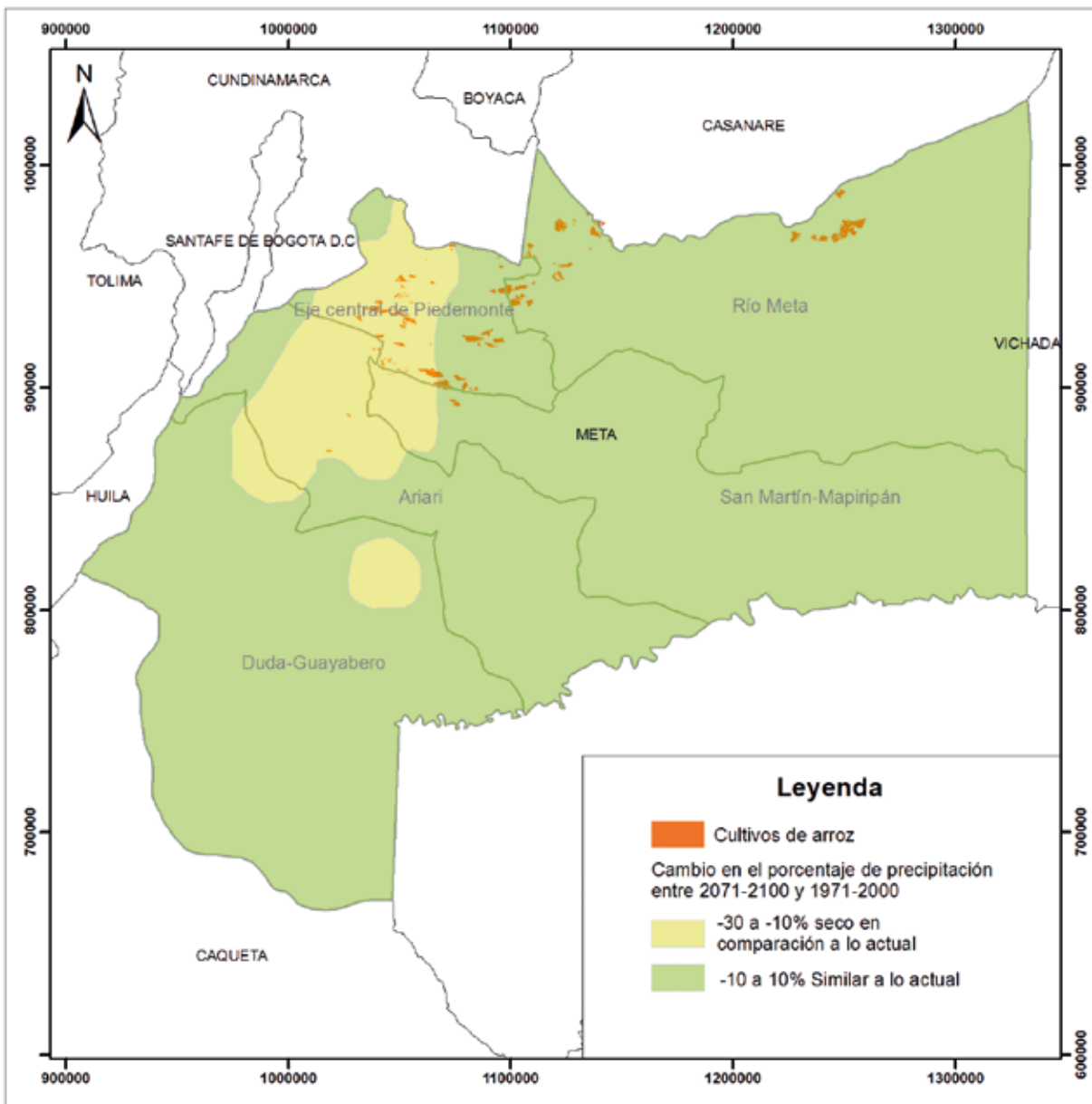
Según Chaudhary *et al.* (2003), la precipitación es un factor crítico para el arroz seco, el cultivo sufre por falta o exceso de agua. El departamento del Meta es el mayor productor a nivel nacional de arroz seco, incluso, en 2008, los cultivos de seco mecanizado llegaron a ser el producto con mayor participación en el departamento, con un aporte del 28,3% en la producción total.

En el periodo 2011-2040 no se han producido cambios significativos en la precipitación en el sector; mientras que para el periodo 2071-2100, los cultivos establecidos en la región del eje central del Piedemonte serán los más afectados por déficit de humedad, ya que de acuerdo con las proyecciones del IDEAM (2010), se presentarán disminuciones entre el 10% y el 30% en la precipitación, esto equivale a una reducción de la pre-



cipitación en el 26% del área cultivada con arroz en el Meta (Figura 6). Este déficit puede generar en las plantas de arroz: enrollado y resequedad de las hojas, raquitismo, retraso de la floración, esterilidad de las espiguillas y un llenado incompleto de los granos. La falta de agua en las etapas vegetativas reduce la altura, el macollaje y el área foliar, y en general, desde la etapa de la iniciación de la panoja hasta la espigazón, la planta de arroz es muy sensible a la sequía, lo cual reduce el rendimiento al aumentar la esterilidad de la espiguilla (FAO, 2003).

Figura 6 Cambio en el porcentaje de la precipitación entre 2071-2100 y 1971-2000 en relación con los cultivos de arroz

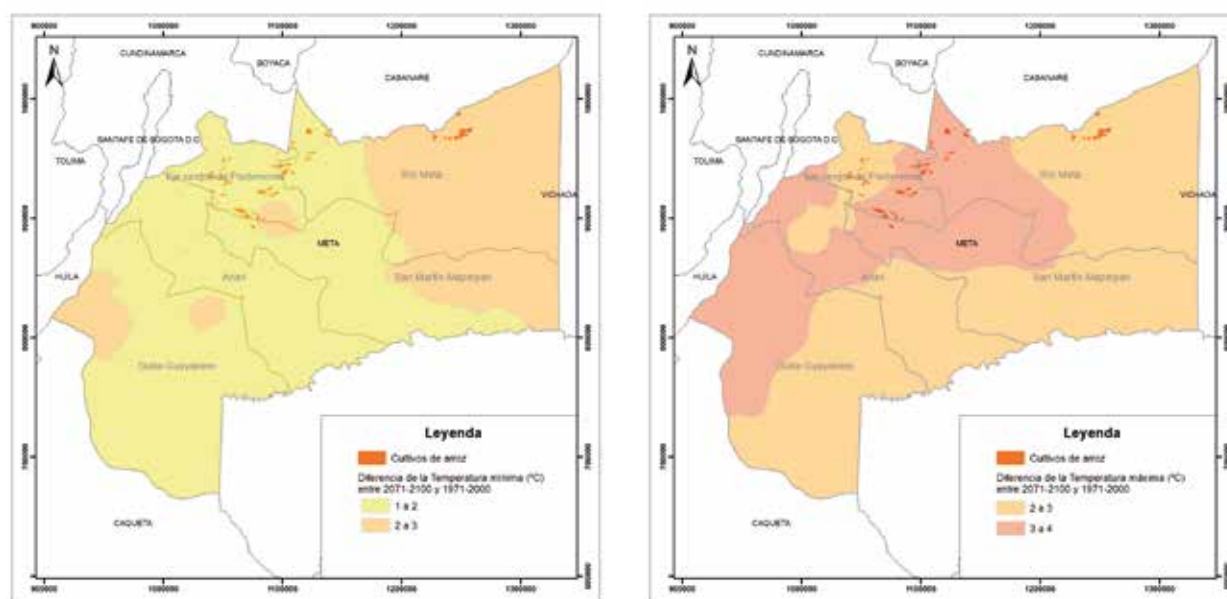


Fuente: Modificado de PNUD, s.f.

Aunque las temperaturas moderadamente más altas de lo habitual durante el día pueden ser beneficiosas para la producción, si las temperaturas diurnas son demasiado altas, causarán una pérdida adicional por aumento del vaneamiento de los granos (enfermedad que no permite que las espigas se llenen de granos) (Chaudhary *et al.*, 2003). De acuerdo con el gerente general de Fedearroz, especialmente en el departamento del Meta, la mala distribución de las lluvias y un inusual cambio de las temperaturas máximas, junto con altos niveles de humedad relativa, afectan la fisiología de la planta, causan vaneamiento y propician la aparición y exacerbación de plagas y enfermedades.² Para el

periodo 2071-2100, las áreas de cultivo arrocerero más afectadas por los aumentos en la temperatura máxima en el Meta, son: la zona más oriental de la Altillanura, la zona suroriental del eje central del Piedemonte y los pocos cultivos presentes en la región del Ariari (Figura 7), donde las temperaturas máximas aumentarán hasta 4 °C, en consecuencia, la temperatura será mayor de 34 °C, por lo tanto, casi un 60% de la producción total de arroz presente en el departamento se verá afectada en las etapas de maduración y magollamiento, principalmente, y se generará un alto porcentaje de esterilidad en la planta (Degiovanni & Martínez, 2010; Cuevas, s.f.).

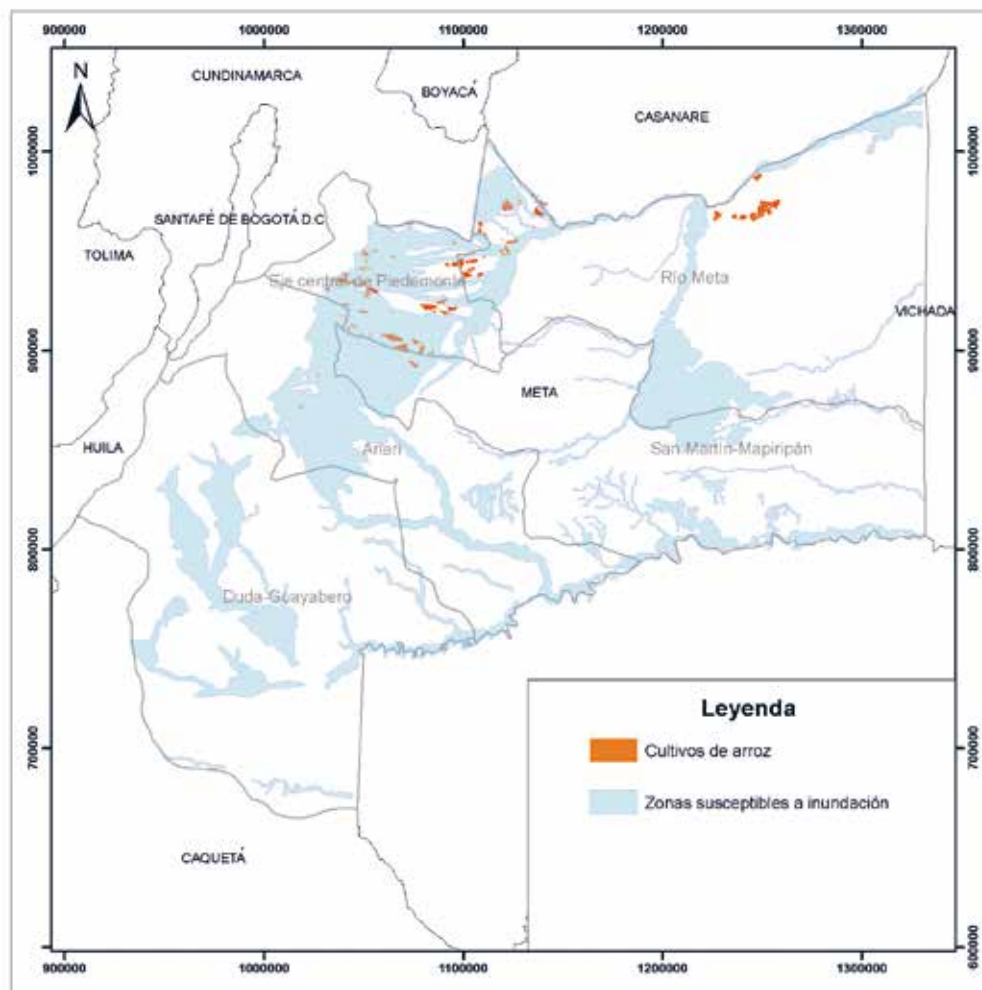
Figura 7 Diferencia de la temperatura mínima (izquierda) y máximas (derecha) entre 2071-2100 y 1971-2000 en relación con los cultivos de arroz



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010

En el futuro, dado que las zonas en donde se encuentra la mayoría de cultivos de arroz son susceptibles a inundación, no solo la temperatura y la precipitación afectarán los cultivos (Figura 8), también puede disminuir el rendimiento del cultivo en casos de que se presente una sumersión (FAO, 2003). Esto genera un menor macollaje y una reducción del área fotosintética.

2. Fedearroz. 2013. Entrevista al gerente de Fedearroz. Disponible en: www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/articulo/cambio-climatico-afecto-produccion-del-arroz-en-colombia.html

Figura 8 Áreas cultivadas en arroz con susceptibilidad a inundaciónFuente: Modificado de Campos *et al.*, 2012

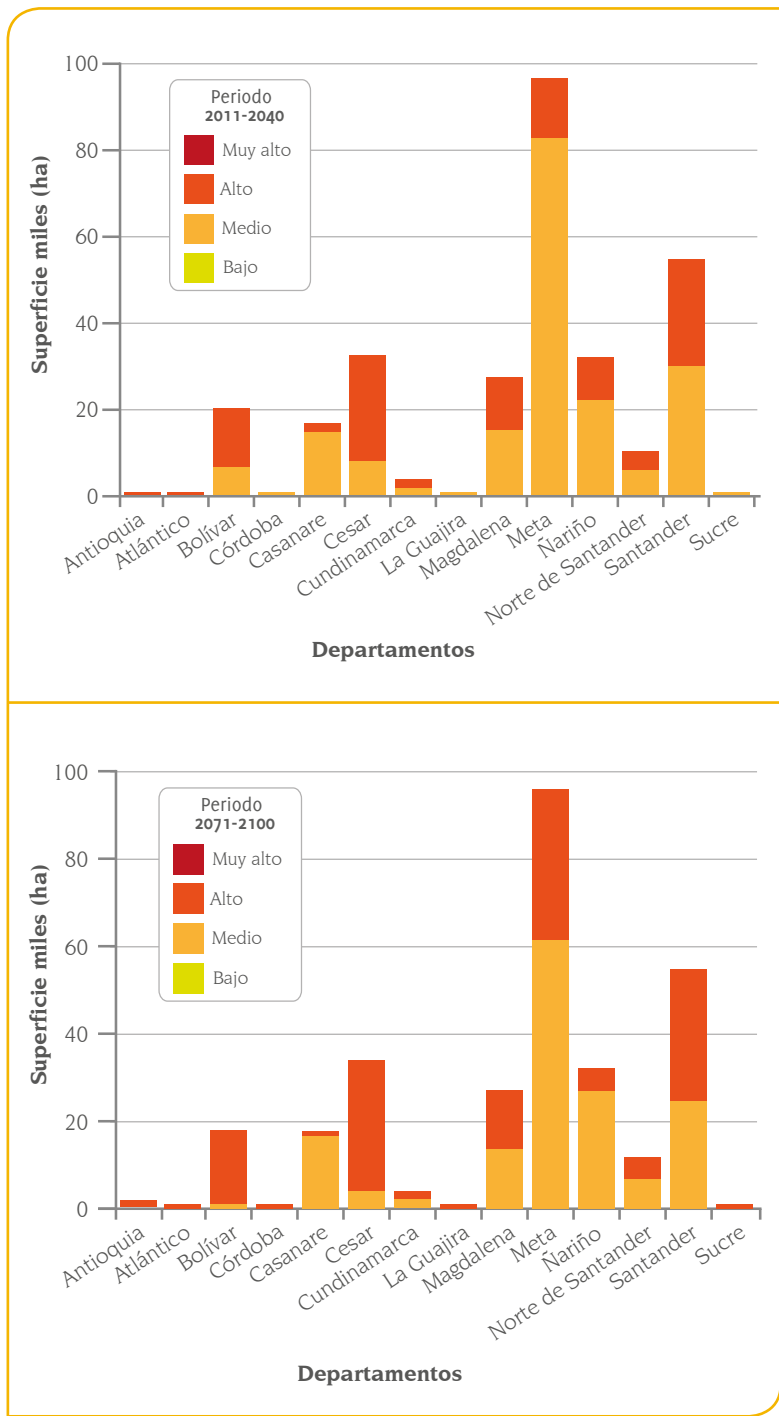
Sector palma de aceite

Las características de las zonas en las cuales la palma alcanza niveles altos de producción siempre coinciden con altas temperaturas ambientales. El potencial de rendimiento de la palma se ve reducido cuando los árboles están expuestos a condiciones de estrés (siendo la humedad uno de los parámetros más relevantes), lo cual produce un menor número de flores femeninas y aborto de frutos verdes (Naandanjain, 2011; Sheil *et al.*, 2009). Además, la aparición y desarrollo de enfermedades se relaciona con el

ambiente en que crece la planta (Chinchilla & Durán, 1998).

En el contexto nacional, cerca de 10.000 ha de los cultivos presentes en el departamento del Meta podrían resultar con un impacto alto (en una escala de bajo a muy alto) para el periodo 2011-2040, y un impacto medio en las hectáreas faltantes. Para el periodo 2071-2100, el área de impactos altos va a aumentar cerca de 30.000 ha, y continuará con un bajo impacto moderado en las hectáreas faltantes (Figura 9).

Figura 9 Impactos potenciales para el cultivo de palma de aceite a nivel nacional



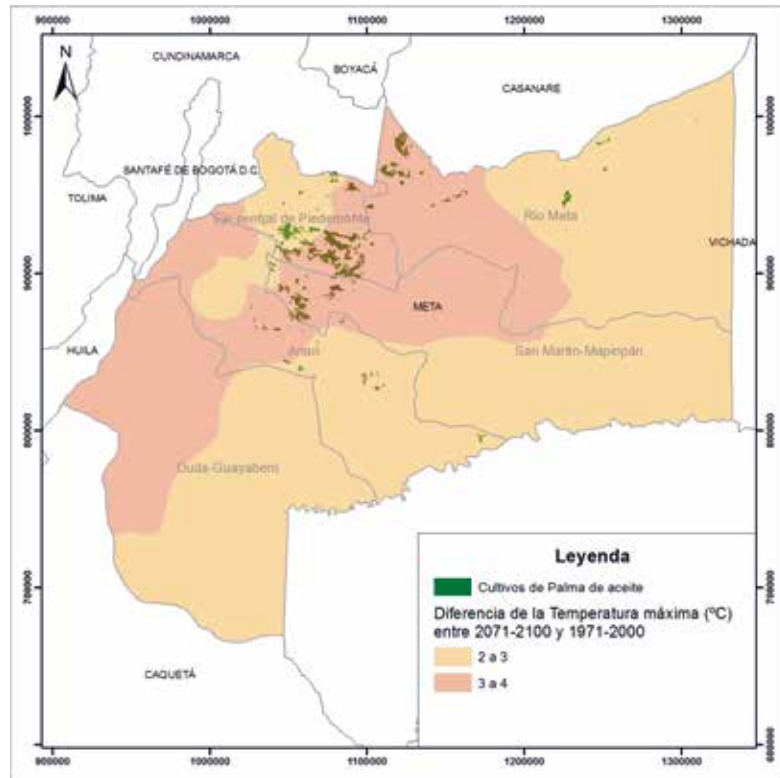
Fuente: IDEAM, 2010

La temperatura media mensual del departamento del Meta, 28 °C, es óptima para la palma. Por lo tanto, los resultados de las proyecciones de aumento en el departamento del Meta de 1 °C a 2 °C para el periodo 2011-2040 y de 2 °C a 3 °C para el periodo 2071-2100, no afectarían el desarrollo del cultivo, incluso puede aumentar sus producciones por encontrarse en el rango óptimo de temperatura.

Las proyecciones indican un aumento general de la temperatura máxima de 1 °C a 2 °C para el periodo 2011-2040; de 2 °C a 3 °C en 24,75% del área cultivada, y de 3 °C a 4 °C para el 74,9% del área cultivada para el periodo 2071-2100 (Figura 10). Estos aumentos conducen a temperaturas máximas de 32 °C -34 °C para el primer periodo (2011-2040), y >34 °C para finales de siglo. Un aumento en la temperatura máxima que sobrepase el rango óptimo del cultivo que corresponde a 29 °C-33 °C, puede provocar estrés y por ende disminución en la producción, en consecuencia, el sector se vería afectado negativamente.

Figura 10 Diferencia de la temperatura máxima entre el periodo 2071-2100 y el periodo 1971-2000, en relación con los cultivos de palma de aceite

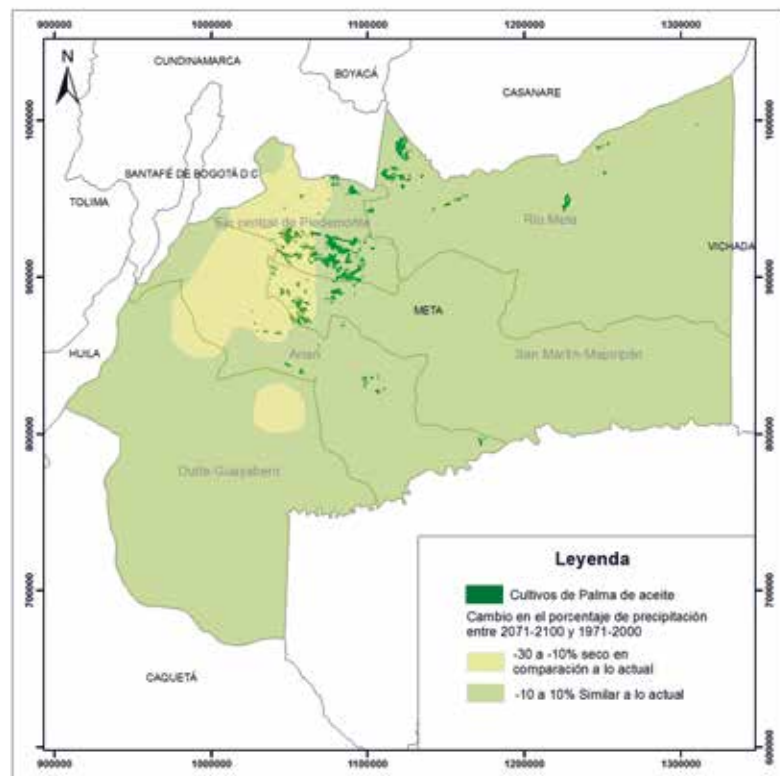
La palma de aceite puede verse especialmente afectada por exceso o limitaciones de agua. Requiere de una cantidad de lluvia anual de al menos 2.000 mm, bien distribuida en el año (al menos 150 mm mensuales), y de la ausencia de una estación seca prolongada (no mayor de tres meses). Según las proyecciones presentadas en la Figura 11, los cambios en la precipitación no se salen de los rangos óptimos de producción de la especie, por lo que no habrá un impacto potencial por déficit o exceso de agua.



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010

Figura 11 Cambio en el porcentaje de la precipitación entre el periodo 2071-2100 y el periodo 1971-2000, en relación con los cultivos de palma de aceite

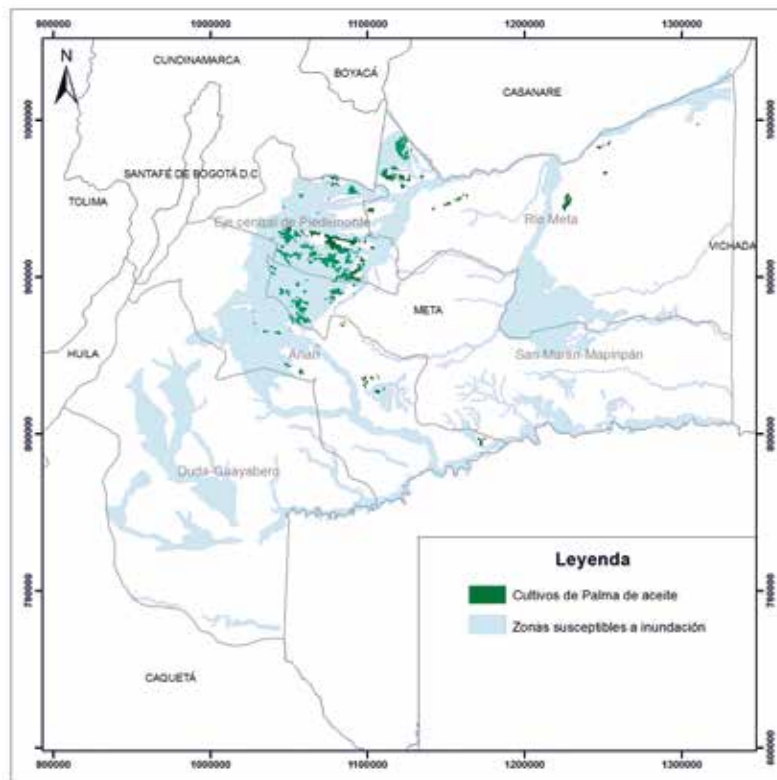
Los excesos de lluvia son particularmente perjudiciales: 300 o más mm de lluvia en un mes pueden causar serias limitaciones en el rendimiento potencial si no existe una buena red de drenaje establecida; estas plantaciones deben estar ubicadas en zonas libres de riesgos de inundación (Laren *et al.*, 2007). La Figura 12 muestra que el 67,1% de las áreas cultivadas se encuentra actualmente en zonas susceptibles de inundación, lo que puede afectar notablemente la producción del cultivo.



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010

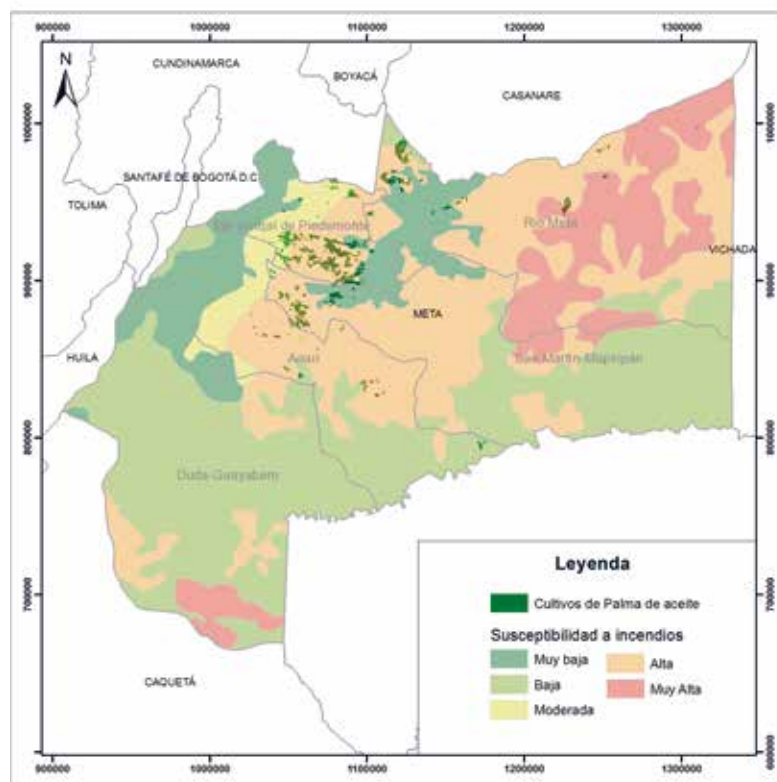
Figura 12 Susceptibilidad
a la inundación de las áreas
cultivadas en palma

Actualmente, el 67,6% de las áreas cultivadas con palma de aceite en el departamento del Meta se encuentran en zonas de alta susceptibilidad a incendios (Figura 13). Teniendo en cuenta que la temperatura tiende a presentar incrementos, y en algunas zonas las variaciones en la precipitación pueden ser negativas, dicha susceptibilidad podría incrementarse y afectar gravemente los cultivos.



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010

Figura 13 Susceptibilidad a
incendios en relación con cultivos
de palma de aceite



Fuente: Modificado de Páramo-Rocha, 2011



© Juan Carlos DEL OLMO / WWF-España

Sector ganadería

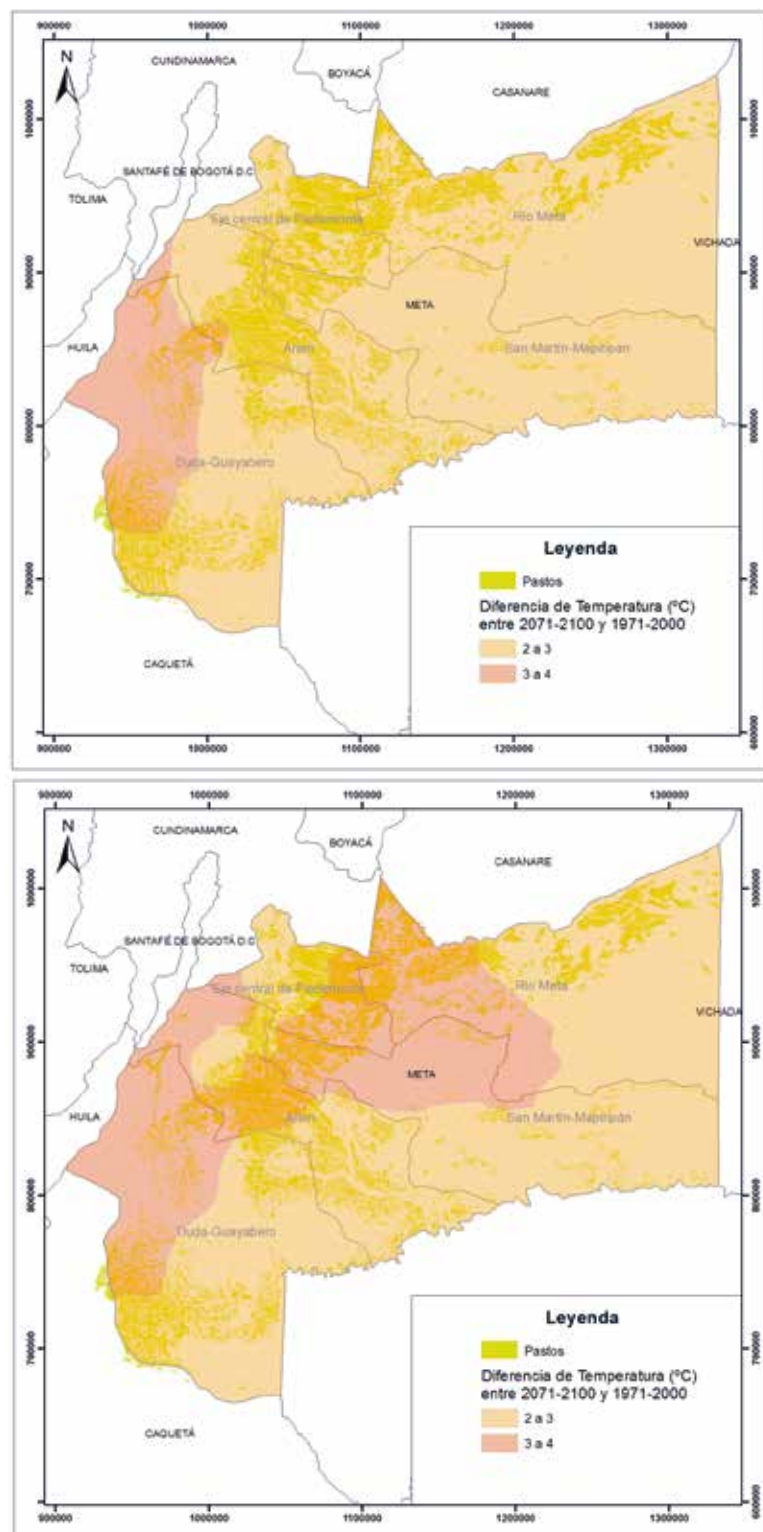
Frente al cambio climático, la ganadería cuenta con dos implicaciones importantes. La primera es el efecto directo sobre los animales: oleadas de calor pueden provocar estrés calórico en los animales, lo que afecta la producción y la calidad de la carne y la leche. La segunda se refiere al cambio que está sucediendo con los tejidos en los pastos debido al calentamiento global: los cambios de temperatura y precipitación son determinantes en la producción total de materia seca y en la calidad de diferentes tipos de pasturas y forrajes, y por lo tanto influyen en la producción de carne y leche (Martínez, 2012). Bajo este escenario, los intentos de intensificar la producción ganadera pueden conducir inadvertidamente a enfermedades infecciosas en el ganado, lo cual afecta a agricultores y consumidores de carne (Lau *et al.*, 2011).

En el ejercicio de análisis de los impactos potenciales derivados del cambio climático expuestos en la Segunda Comunicación Nacional ante las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (IDEAM, 2010), se señalan aquellos asociados con las áreas de pastizales. Teniendo en cuenta que el sector productivo ganadero desarrolla sus

actividades en áreas correspondientes a esta categoría, se hace necesario identificar estos impactos y asociarlos con el sistema productivo. De acuerdo con el IDEAM (2010), en la escala de clasificación de los impactos potenciales, para el periodo 2011-2014, los pastizales del Meta tendrán un impacto medio; no obstante, para el periodo 2071-2100, se prevé un aumento en superficie de las áreas susceptibles inicialmente identificadas.

Considerando que la actividad ganadera se desarrolla a lo largo y ancho de todo el departamento, estos impactos potenciales pueden estar ligados directamente a las proyecciones de aumento de la temperatura media y máxima para el Meta. En este sentido, para el periodo 2071-2100 se esperan aumentos en la temperatura media del orden de 2 °C a 3 °C en la mayor parte del departamento (88,3% del área total bajo pastos), a excepción de un sector de la región Duda-Guayabero para el cual se esperan cambios más severos con un aumento del orden de 3 °C a 4 °C en la temperatura media (11,5% del área de pastizales). Para el caso de la temperatura máxima, la proyección es mucho más severa, y muestra un área mucho más amplia con incrementos de 3 °C a 4 °C (34,6% del área total bajo pastos) (Figura 14).

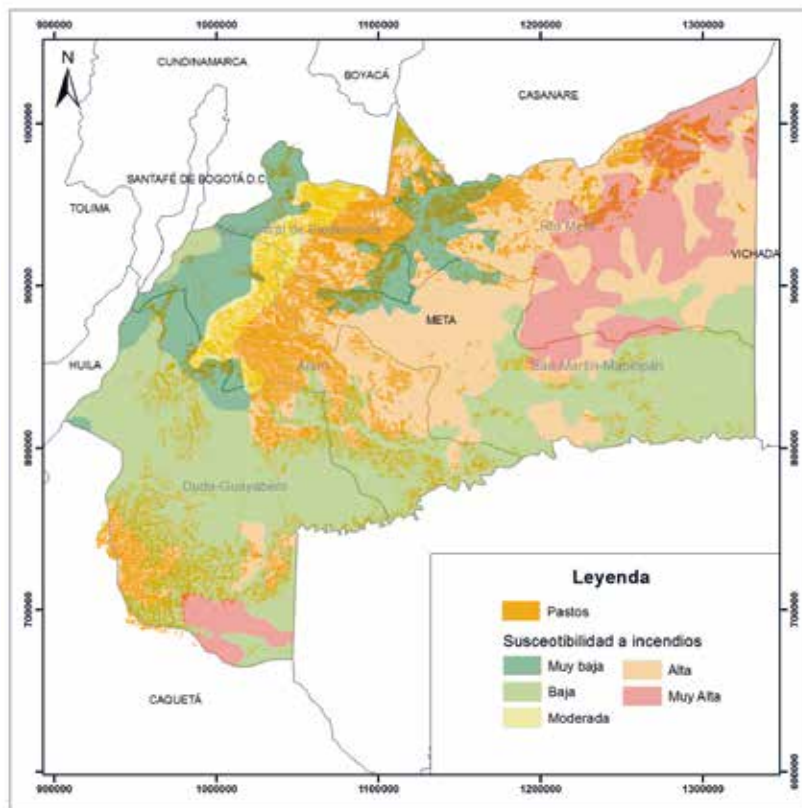
Figura 14 Diferencia de la temperatura media (arriba) y máxima (abajo) entre 2071-2100 y 1971-2000 en relación con las áreas en pastos



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010

No solo los incrementos en temperatura determinan los impactos potenciales sobre el sector ganadero en el departamento, la disminución en la precipitación que se presentará de manera especial para la región del Piedemonte (afectando el 9,7% del área bajo la cobertura pastizal), también puede afectar la disponibilidad de alimento para el ganado. De igual modo, la presencia de eventos extremos, como es el caso de inundaciones (62% de la cobertura en pastos es susceptible al evento) e incendios de la cobertura vegetal (32,7% de la cobertura se encuentra en zonas con susceptibilidad alta y 13,2% con susceptibilidad muy alta), ponen en riesgo la actividad, en la medida en que, además de implicar problemas con el suministro de alimento, el hato puede verse directamente afectado.

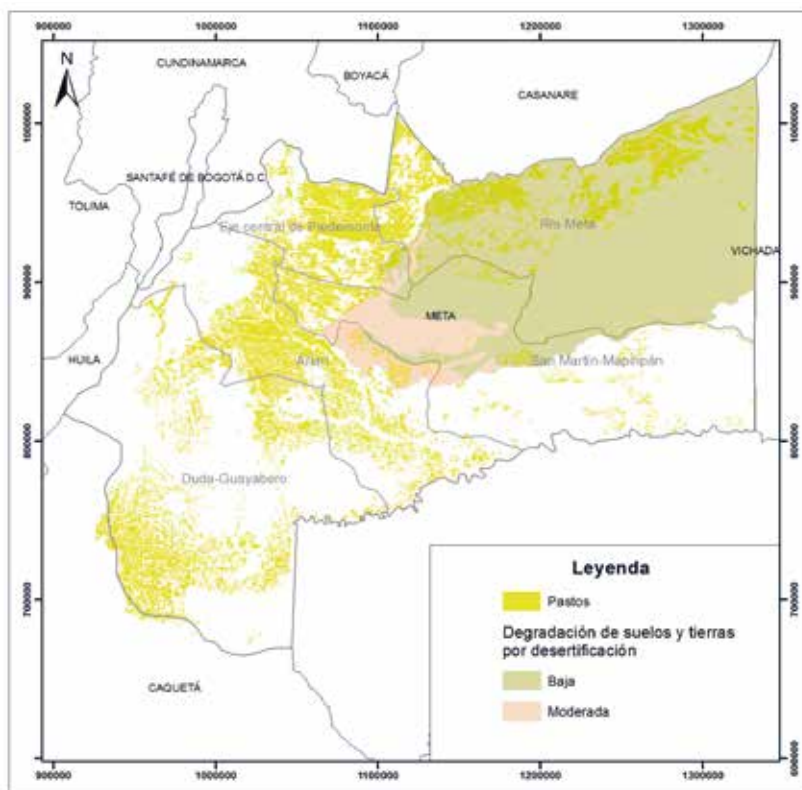
Al analizar los mapas que superponen las proyecciones para las diferentes variables ambientales y los eventos extremos con las áreas dedicadas a la ganadería, es posible detectar que la región del Piedemonte y la zona norte de la región del Ariari, son las más susceptibles a la presencia de eventos extremos y a las variaciones climáticas más severas. Para el caso específico de los incendios, si bien es la región de la Altillanura la que muestra una mayor sensibilidad al fenómeno, el Piedemonte y el norte del Ariari muestran susceptibilidades alta y moderada (Figura 15).



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010

Figura 15 Zonas susceptibles a incendios en relación con las áreas en pastos

Para el caso de la desertificación, a pesar de que solo una pequeña porción del territorio ubicada en San Martín-Mapiripán tiene una susceptibilidad moderada a este fenómeno (4,4% de la cobertura en pastos), es un punto de atención importante, considerando que la alta susceptibilidad de esta zona a los incendios y las proyecciones en los aumentos de temperatura anteriormente descritos (Figura 16).



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010

Figura 16 Degradación de suelos por desertificación en relación con las áreas en pastos

Bajo este escenario, la producción bovina del departamento podría verse afectada, más aún si se tienen en cuenta experiencias previas de disminución del hato ganadero del país como consecuencia del impacto de los fenómenos El Niño y La Niña de 2010 y 2011, que produjeron la muerte de 135 mil bovinos y el desplazamiento de cerca de 1,6 millones de bovinos.



Sector hidrocarburos

El aumento de la temperatura y la precipitación pueden incidir en la susceptibilidad de la industria de hidrocarburos al cambio climático. Según Sánchez-Salazar y Martínez-Galicia (2000), el sector productor de petróleo y gas, bajo un escenario de cambio en el comportamiento promedio de estas variables, podría verse afectado directamente en el consumo de energía y agua necesarias para sus procesos, de manera especial en las operaciones de refinación y procesamiento y de almacenamiento y transporte, y en menor grado en exploración y producción.

Para analizar el caso específico, es importante tener en cuenta que dentro del proceso de producción de hidrocarburos en el departamento del Meta predomina el segmento *upstream* (exploración y producción), el cual es menos susceptible al aumento de la temperatura y disminución de la precipitación que los segmentos *midstream* (refinación) y *downstream* (almacenamiento y transporte), los cuales dependen en una mayor medida de la disponibilidad de agua y energía.

Esta situación puede indicar que en términos generales la sensibilidad del sector en el departamento es baja. No obstante, no se debe dejar de lado el hecho de que, aunque a pequeña escala, existe infraestructura de refinación en la región y que en un futuro cercano (2015) se contempla la construcción de una refinación de mayor envergadura en el departamento (vereda Pompeya, municipio de Villavicencio).³

Actualmente, en el complejo petrolero Apiay-Ariari está ubicada la refinación Apiay. De acuerdo con información de Ecopetrol,⁴ es una pequeña refinación con una producción de 6.000 barriles diarios para uso local.

La refinación de Apiay (al igual que la proyectada) se encuentra ubicada en la región de Piedemonte, área que de acuerdo con las proyecciones de cambio climático realizadas para el departamento, será susceptible a una disminución en la precipitación entre el 10% y el 30% (Figura 17) para el periodo 2071-2100. Por lo tanto, para este caso puntual se deben contemplar las posibles afectaciones del sector por el cambio de esta variable que podrá restringir de algún modo el acceso al recurso agua en esta área. Esta situación sumada a la condición de la coexistencia del sector con otras actividades dependientes del recurso, como es el caso de la agricultura y el abastecimiento urbano, pueden aumentar la vulnerabilidad del segmento *midstream* en el departamento.

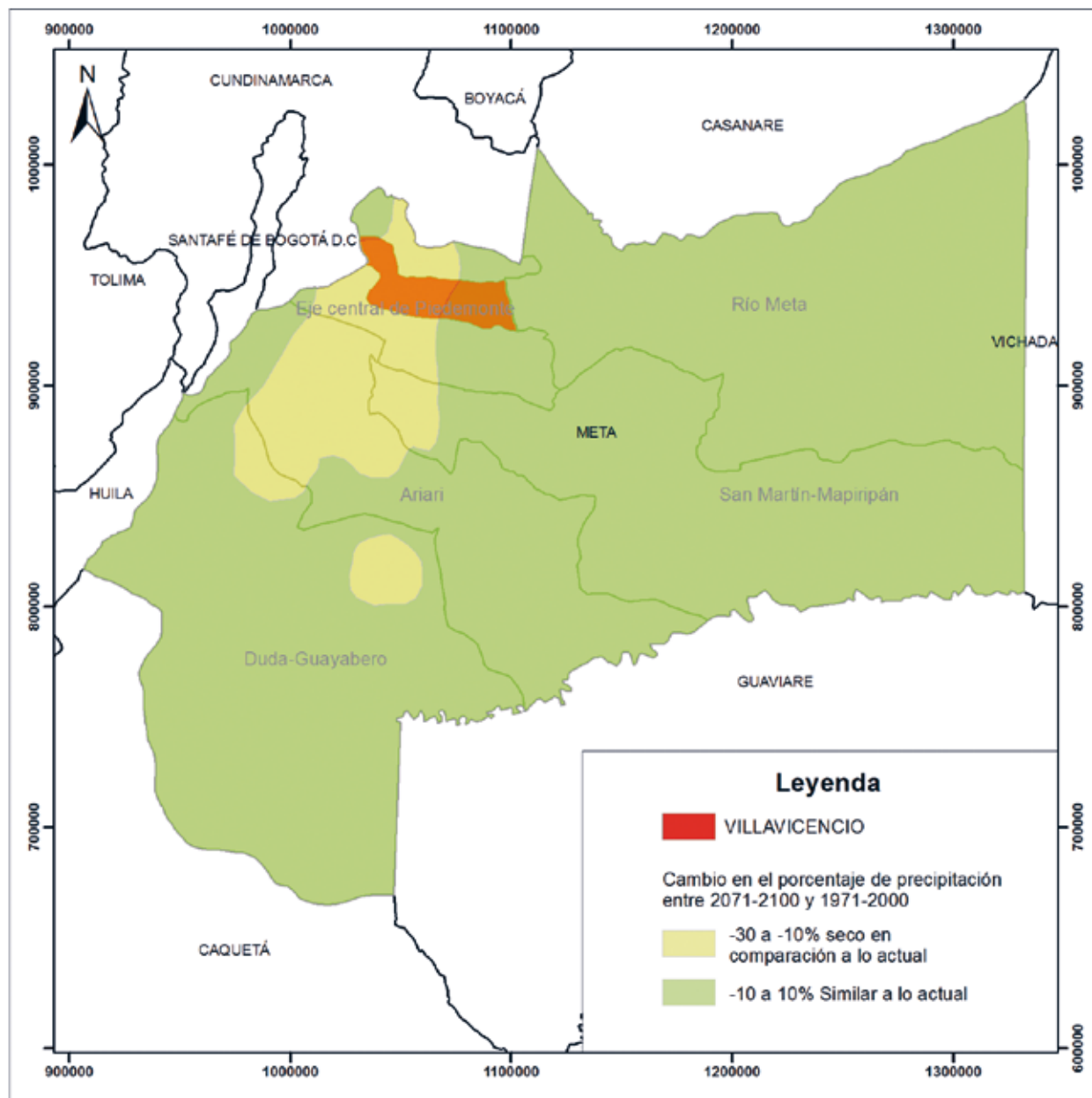
3. Gobernación del Meta. (s.f.). Disponible en: <http://www.meta.gov.co/es/asamblea-del-meta-presento-respaldo-al-proyecto-de-la-refineria/>

4. Ecopetrol. 2009. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=46&conID=37668>



© Edward Parker / WWF-Canon

Figura 17 Cambio en el porcentaje de la precipitación entre 2071-2100 y 1971-2000 y municipio de Villavicencio (Ubicación refineras)



Fuente: Modificado de IDEAM, 2010





Estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático

Las sociedades responden al cambio climático adaptándose a sus impactos y reduciendo las emisiones de GEI (mitigación), con lo cual disminuyen la tasa y la magnitud del cambio (IPCC, 2007). En la presente sección se abordan las opciones de adaptación y mitigación de los sectores agrícola, pecuario e hidrocarburos. En el sector agrícola se encuentran las estrategias de adaptación y mitigación que podrían servir para los sectores arroz y palma de aceite, debido a sus afinidades como contribuyentes al cambio climático y a la cercanía de sus estrategias de adaptación y mitigación al mismo; en el sector pecuario se presentan las estrategias correspondientes a la ganadería, y en el sector hidrocarburos, las estrategias para el petróleo y el gas.

El cambio climático puede incidir en la reducción de los rendimientos y en el aumento de los costos de producción, por lo que se hace necesario establecer estrategias que contribuyan no solo a mitigar las emisiones de GEI, sino también a minimizar los riesgos económicos (adaptación). Las intervenciones en esta área ayudan a lograr simultáneamente un desarrollo sostenible bajo en carbono y resiliente al clima.

Las estrategias aquí expuestas corresponden a una recolección de prácticas planteadas y desarrolladas tanto a nivel nacional como internacional, que sirven para el desarrollo de los cuatro sectores de interés en el departamento del Meta.

Sector agrícola

La producción comercial intensiva para abastecimiento de mercados nacionales e internacionales es la que totaliza un mayor uso de fertilizantes inorgánicos, y la mayor causante de degradación de materia orgánica en los suelos y por consiguiente de liberación de carbono. Este es el caso de la producción de arroz y de palma africana (IDEAM, 2010); por esto es importante que estos sectores apliquen estrategias de mitigación que a largo plazo les servirán como estrategias de adaptación para ser sostenibles en el tiempo y enfrentar los retos que trae el cambio climático.

Debido a la gran participación que tiene el sector agrícola como emisor de GEI, su mitigación deberá estar orientada, como primera medida, al fortalecimiento de los sumideros biológicos deteriorados y en esto cabe resaltar cambios en el manejo de suelos, técnicas de conservación del mismo, manejo de fertilizantes, disminución del laboreo intensivo, entre otras (Ramírez *et al.*, 2011). El IPCC (2007) recomienda, como estrategias de adaptación para el sector agrícola, el ajuste de las fechas de plantación y de las variedades de cultivo; reubicación de cultivos y mejora de la gestión de la tierra (por ejemplo, control de la erosión, o protección de los suelos mediante plantación de árboles).

Existen ciertos atributos que debe tener el sector agropecuario para lograr adecuarse a las nuevas condiciones climáticas:

- Ser eficiente en el uso de los recursos, generando sistemas productivos con un menor consumo de agua para riego, de energía y de agroquímicos. El ser eficientes involucra sistemas productivos que cuenten con menor huella de carbono (aporte agregado a la mitigación) y menor huella del agua.

- Ser flexible, esto es, adaptable a condiciones climáticas variables; necesariamente, ello significa contar con sistemas productivos más biodiversos, más dependientes de insumos locales (reciclaje/reuso de residuos de cultivos o de plántulas animales) y más diversos en cuanto a estrategias de control de plagas y enfermedades.
- Ser sustentable, desde la perspectiva de la gestión de los suelos, lo que significa usarlos respetando sus restricciones y no excediendo sus potenciales productivos, con el objeto de minimizar o neutralizar procesos erosivos y degradantes.
- Ser tolerante a condiciones climáticas extremas, lo que involucra necesariamente contar con recursos biológicos que sigan siendo productivos en condiciones de estrés térmico, estrés hídrico o estrés salino.

Cambio en el manejo de suelos agrícolas

El objetivo principal de cambiar el manejo de los suelos agrícolas es, en primer lugar, reducir (o eliminar) la liberación de carbono por pérdida de fertilidad (materia orgánica) en los primeros centímetros de suelo. En segundo lugar, secuestrar carbono mediante el aumento de los niveles de materia orgánica. En tercer lugar, estimular el uso racional de fertilizantes para reducir no solo costos productivos, sino las emisiones de óxido nítrico por deficiencias en la captura de nitrógeno (Ramírez *et al.*, 2011).

Gestión del suelo y de los nutrientes

De acuerdo con la Segunda Comunicación Nacional ante la UNFCCC en el sector agrícola, las medidas prioritarias de mitigación abarcan prioritariamente uso y manejo eficiente de fertilizantes

nitrogenados. La reducción del consumo de fertilizantes nitrogenados por hectárea, precisa determinar los niveles de consumo e identificar las épocas de mayor absorción de nitrógeno, para evitar pérdidas por lavado y nuevos requerimientos, y disminuir así la dependencia de nitrógeno en la producción agrícola, con las consecuentes emisiones de GEI (Schlesinger, 1999 citado por IPCC, 2007). Es necesario incorporar a la investigación de biofertilizantes y sus efectos frente a una mayor resistencia y capacidad de adaptación de los cultivos a condiciones más exigentes o factores adversos derivados de un aumento en los valores extremos de temperatura y sequías extremas causadas por el clima, lo cual afecta las condiciones de los suelos. Tal perspectiva deberá ser una alternativa para hacerle frente a la desertificación en zonas deprimidas o afectadas por la pobreza.

La disponibilidad de nitrógeno y otros nutrientes es fundamental para aumentar el rendimiento. Esto puede realizarse mediante abono de compostaje y residuos de cultivos, una combinación más precisa de los nutrientes con las necesidades de las plantas, tecnologías de aplicación en profundidad y liberación lenta, o utilizando legumbres para la fijación natural de nitrógeno. La utilización de prácticas y métodos que aumentan los insumos, la retención y el uso de nutrientes orgánicos resulta, de este modo, fundamental, y disminuye la necesidad de fertilizantes sintéticos que, debido a su coste y acceso, pocas veces son accesibles para los pequeños agricultores, y además contribuyen a las emisiones de GEI durante su producción y transporte. Lo anterior puede resolverse parcialmente con el uso de legumbres como abonos verdes, plantadas en sistemas de cultivos intercalados, como parte de un esquema de rotación de cultivos o en sistemas agroforestales. Por ejemplo, en la mezcla de leguminosas forrajeras/hierbas, puede encontrarse nitrógeno que se transfiere de las legumbres a las variedades herbáceas (p. ej., del 13% al 34% del nitrógeno fijado) (FAO, 2009).

Captación y utilización de aguas

Una mejor captación y retención de aguas (con estanques, diques, pozos, cadenas de retención, etc.) y la eficiencia en el uso de estas (sistemas de irrigación), son fundamentales para aumentar la producción y abordar la creciente irregularidad de los esquemas de precipitaciones. Entre las prácticas que benefician la utilización del agua se encuentran:

- Prácticas de irrigación que generan hasta un 130% más de rendimiento que los cultivos alimentados con el agua de lluvia (FAO, 2014). La expansión del riego puede aumentar la producción de alimentos, pero requerirá un incremento sustancial de infraestructura y capital (BID, 2014).
- Recuperación de tierras de cultivo degradadas, mediante la excavación de hoyos de plantación más anchos y profundos en los cuales se agrega materia orgánica. Estos hoyos concentran tanto nutrientes como agua, y facilitan la infiltración y retención del agua. De esta forma, las tierras que apenas eran productivas alcanzan ahora rendimientos de entre 300 y 1.500 kg por hectárea, dependiendo de las lluvias (Reij, 2009).
- Construcción lomos de piedra en líneas de nivel para recolectar agua de lluvia. Los lomos permiten que el agua se propague uniformemente por el campo, infiltre el suelo y evite que este y la materia orgánica sean arrastrados (Reij, 2009).

Cosecha, procesamiento y cadenas de suministro

La cosecha eficiente y la pronta transformación del producto agrícola son actividades que reducen las pérdidas poscosecha (PHL) y preservan la cantidad de alimentos y el valor cualitativo y nutricional del producto; también aseguran una mejor utiliza-

ción de coproductos y subproductos, ya sea para alimentar el ganado, producir energía renovable en sistemas integrados, o mejorar la fertilidad del suelo. A manera de ejemplo, se encuentra la región norte de Afganistán, donde se produce más de la mitad de los cereales nacionales y muchos agricultores almacenan su cosecha en bolsas de plástico o fibra, o en instalaciones agrícolas sin suelo, puertas ni ventanas adecuadas que limitan su protección, lo que desemboca en significativas pérdidas poscosecha. Para mejorar esto, el gobierno pidió apoyo a la FAO para proveer silos a las comunidades y hogares agrícolas con el fin de almacenar el grano. Se construyeron silos metálicos que permitieron reducir las pérdidas de almacenamiento, pasando del 15%-20% al 1%-2%, obteniendo a su vez granos de mayor calidad (por estar protegidos de insectos, ratones y moho) y ser conservados durante más tiempo (FAO, 2014).

Sector pecuario

Debido a la gran participación que tiene el sector pecuario como emisor de GEI, su mitigación deberá estar orientada a la disminución de las emisiones por fermentación entérica a través de los procesos de digestión entérica bajo condiciones anaeróbicas, a la gestión del estiércol y a la crianza de los animales (Hristov *et al.*, 2013; IPCC, 2007).

En la Segunda Comunicación Nacional ante la UNFCCC se propone desarrollar y validar estrategias de reconversión ganadera con el establecimiento de sistemas silvopastoriles, optimizar la nutrición animal y mejorar la disponibilidad de recursos como el agua y el suelo, asociados con la producción bovina; lo anterior con el objetivo de

obtener mayores niveles de producción por Unidad de Gran Ganado (UGG), y una mayor rentabilidad de la producción, para disminuir los costos y contribuir a la reducción de emisiones de GEI.

Un aumento de la productividad con menores emisiones de GEI puede lograrse mediante la aplicación de ciencia y tecnología avanzada en la alimentación y la nutrición, la genética aplicada a la reproducción y el control de la salud animal, así como con mejoras generales en la cría de animales. La extensión de estos enfoques desempeña un papel clave en la mitigación y crea resiliencia ante el cambio climático. Una previsión mejorada de los riesgos, la determinación de los efectos del cambio climático, la detección temprana y el control de brotes de enfermedades, también son fundamentales para obtener respuestas a tiempo y desarrollar resiliencia. Adicionalmente, el tratamiento eficaz del estiércol facilita la reducción de las emisiones y aumenta la productividad del sector. La sustitución de fertilizantes inorgánicos con estiércol también puede reducir las emisiones y mejorar las condiciones y productividad del suelo (FAO, 2014). Lo anterior es una muestra de cómo las actividades realizadas con el fin de mitigar las emisiones, son a su vez las que le posibilitan adaptarse al aumentar o sostener la producción a pesar de las dificultades climáticas y con una huella menor de carbono.

A continuación se describen algunas prácticas que sirven como estrategias de mitigación y a la vez de adaptación de los sistemas ganaderos al cambio climático, ya que las prácticas recomiendan buscar reducciones de emisiones de GEI con el fin mitigar, y por ende aumentar la producción ante condiciones de cambio climático, por lo que constituyen estrategias de adaptación.

Prácticas para la mitigación de CH₄ entérico

Esencialmente, las prácticas de reducción de emisiones para el sector pecuario se concentran en la ganadería bovina, por tanto, las alternativas del manejo de la dieta integran una de las principales medidas de mitigación del sector para reducir las emisiones debido a la fermentación entérica de los animales. El mejoramiento de la dieta animal implica un mejoramiento en la calidad de las pasturas, ya que estas aumentan la productividad animal y optimizan la cantidad de proteína consumida, lo que se refleja en la excreción de nitrógeno y las consecuentes emisiones de N₂O. De otro lado, la combinación de pasturas mejoradas y la incorporación del componente arbóreo en los modelos de producción pecuaria, pueden aumentar el porcentaje de digestibilidad en el rumen y disminuir la producción de metano. En la práctica, estas actividades deben mejorar la productividad de carne y/o leche, lo cual, además de ser beneficioso para el productor, ya que impulsa la competitividad ganadera y se disminuye el periodo de producción, repercute en la edad de sacrificio y en una menor generación de emisiones (IDEAM, 2010).

El aumento de la digestibilidad del forraje y del consumo de forraje digestible generalmente reduce las emisiones de GEI provenientes de la fermentación ruminal (y del estiércol almacenado), cuando se miden en relación con la unidad de producto animal. Estas son prácticas de reducción altamente recomendables. Por ejemplo, las emisiones de CH₄ entérico se pueden disminuir cuando en la dieta el maíz ensilado sustituye los pastos ensilados. Las leguminosas ensiladas pueden tener una ventaja sobre los pastos ensilados debido a su menor contenido de fibra y al beneficio adicional de reemplazar los fertilizantes nitrogenados inorgánicos. Un ensilaje eficiente mejorará la calidad del forraje en la granja y reducirá la intensidad de emisión de GEI.

Se espera que el suministro de pequeñas cantidades de alimento concentrado en las dietas basadas exclusivamente en pastoreo incremente la productividad animal y disminuya la intensidad de las emisiones de GEI. No obstante, el suplemento concentrado no debería sustituir los forrajes de alta calidad. El procesamiento de los granos para aumentar su digestibilidad probablemente reduzca la intensidad de las emisiones de CH₄ entérico. La inclusión de alimentos concentrados en la dieta de los rumiantes seguramente ayudará a disminuir las emisiones de CH₄ entérico por unidad de producto animal, especialmente cuando el consumo de materia seca sea por encima del 40%. En estas situaciones, el mejoramiento del valor nutricional de los forrajes de baja calidad en las dietas de los rumiantes puede tener un gran beneficio en la productividad del hato, a la vez que lo mantiene con una producción constante o menor de CH₄ (Histrov *et al.*, 2013).

Uno de los métodos más adecuados para facilitar a los animales nutrientes que no se encuentra en los alimentos fibrosos (entre pequeños agricultores en regiones tropicales) es alimentar a los animales con urea y melazas en forma de bloques minerales melaza/urea. Estos bloques minerales aumentan la productividad de carne y leche, y promueven una mayor eficiencia reproductiva entre las especies animales rumiantes (FAO, 2007).

Existen gran evidencia de que los lípidos (aceites vegetales o grasas animales) suprimen la producción de CH₄ en el rumen (Histrov *et al.*, 2013). Actualmente, el aceite de coco ha mostrado un gran potencial para reducir el metano, y se esperaría un potencial similar en el de palmiste; sin embargo, no hay pruebas a gran escala que verifiquen la propiedad y sostenibilidad de la medida (Ayarza *et al.*, 2009). La investigación de este tipo de soluciones es de vital importancia, ya que al ser el departamento del Meta un gran productor tanto de aceite de palmiste como de ganadería, se podrían beneficiar ambos sectores.

Prácticas de mitigación en la gestión del estiércol

El suministro de proteína en cantidades cercanas a los requerimientos del animal, incluida la concentración proteica correspondiente a las fases de lactancia y de levante, es recomendado como una práctica eficaz para la disminución de las emisiones de amoníaco y de N_2O provenientes del estiércol (Histrov *et al.*, 2013).

Prácticas de mitigación en la crianza del ganado

El mejoramiento del potencial genético de los animales mediante los cruces planeados o la selección dentro de las razas, y el logro de este potencial genético a través de una nutrición adecuada y de mejoras en la eficiencia reproductiva, en la sanidad animal y en la vida reproductiva útil, son enfoques eficaces para optimizar la productividad animal y reducir la intensidad de las emisiones de GEI. La reducción del tamaño del hato aumentaría la disponibilidad de alimentos y la productividad de cada animal y de la totalidad del rebaño, lo que disminuiría la intensidad de las emisiones de CH_4 . La selección con base en la eficiencia alimenticia producirá animales con una intensidad de emisión de GEI más baja. La diferencia entre las razas con relación a la eficiencia alimentaria también se debe considerar como una opción de mitigación, aunque en el presente los datos disponibles al respecto son insuficientes. La reducción de la edad para el sacrificio del ganado bovino mediante mejoras en la alimentación y en la genética, pueden tener un impacto significativo en las emisiones de GEI provenientes de los sistemas de producción de carne de bovinos o de otros animales (Histrov *et al.*, 2013).

Estímulo de actividades de agrosilvopastoriles

Los agricultores y pastores en sistemas extensivos tradicionalmente han utilizado árboles forrajeros, pero arbustos forrajeros como la calliandra y la leucaena se están usando ahora en sistemas más intensivos, lo cual aumenta la producción y reduce la necesidad de alimentos externos (Franzel *et al.*, 2003). Detener una ulterior degradación y restaurar los pastos degradados a causa del manejo de pastos y de la reforestación, constituyen importantes estrategias de mitigación. Esto puede incluir detracción de tierras, posponer el pastoreo mientras están creciendo especies de forraje, e incluso asegurar el pasto de distintas especies para estimular la diversidad de hierbas y mejorar el ciclo nutritivo y la productividad de las plantas. Estas prácticas, junto a la suplementación de forrajes de baja calidad con árboles forrajeros, como en los sistemas silvopastorales, también contribuyen a mejorar la productividad y la resiliencia, e incrementar las eliminaciones de carbono (FAO, 2014).

Los sistemas integrados de agricultura y ganadería también aumentan la eficiencia y la sostenibilidad ambiental de ambos sistemas de producción. Los productos residuales de un componente sirven como recurso para el otro; por ejemplo, el estiércol aumenta la producción de alimentos, y los productos cultivados y subproductos agrícolas se utilizan como alimento para los animales. Los animales también desempeñan varios roles: proveen energía para el trabajo agrícola o el transporte, y constituyen un capital convertible en liquidez en caso de necesidad. Estos sistemas, que existen en varias formas y niveles de integración, facilitan oportunidades para aumentar la producción general y la resiliencia económica de los agricultores.

Pagos por servicios ambientales

Los pagos por servicios ambientales (PSE) constituyen una fuente potencial de financiación alternativa para las transiciones agrícolas (FAO, 2007; Reid *et al.*, 2013), ya que la mitigación del cambio climático es un servicio ambiental que los pequeños agricultores pueden proveer, y es, a menudo, sinérgico con mejoras en la productividad y estabilidad agrícolas. Los mercados emergentes de carbono y los pagos por la eliminación o reducción de emisiones, han atraído sumo interés y anticipación de este tipo de financiación como una fuente de ingresos para algunas actividades y productores agrícolas. Sin embargo, los altos costes de transacción, así como el bajo potencial de beneficios de la mitigación en numerosos sistemas de pequeña agricultura, limitan seriamente el potencial de contraprestaciones del mercado de carbono a los pequeños agricultores. Es probable que la financiación pública para la mitigación a nivel subsectorial o regional tenga un impacto en la pequeña agricultura en el futuro más cercano (FAO, 2009). Las experiencias de PSE sugieren que los siguientes elementos son de utilidad: (i) acuerdos institucionales formales e informales que pueden facilitar la agregación de un gran número de pequeños agricultores (p. ej., planes de crédito para grupos, programas existentes de manejo de los recursos naturales basados en comunidades, escuelas de campo de agricultores y otras agrupaciones de agricultores y de mujeres); (ii) políticas en los sectores agrícola, financiero y medioambiental que alienten el flujo de financiación pública y privada a los agricultores; (iii) creación de capacidades, incluida la de acceso a mecanismos de financiación; y (iv) un sistema acordado de pagos a los agricultores (FAO, 2014).

Sector hidrocarburos

En la Segunda Comunicación Nacional ante la UNFCCC, se estima un probable potencial de reducción de emisiones para las siguientes medidas evaluadas en un horizonte de veinte años, periodo 2010-2030: cambio de combustibles, sustitución del 50% del carbón usado en las calderas industriales por gas natural; aumento del nivel de ocupación de vehículos particulares, reducción del número de vehículos circulando, empezando con 5% en 2010 hasta llegar a 50% en 2030; introducción de fuentes y tecnologías renovables de generación eléctrica. Con el fin de implementar este grupo de medidas de mitigación, en el país existen tres programas:

- **Plan Energético Nacional 2006-2025:** fomentar programas de eficiencia energética que aporten al mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y a la reducción de GEI; diversificar la canasta energética con el uso de fuentes no convencionales de energía.
- **URE (Uso Racional de Energía) y FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía):** aprovechar óptimo de la energía en toda la cadena energética; promover el uso de energías no convencionales; promover y asesorar proyectos URE; desarrollar estímulos que permitan el uso racional y eficiente de energía.
- **Programa Metano al Mercado:** avanzar en la recuperación y uso del metano como fuente de energía limpia; implementar la captura del metano y recalcar la importancia en el uso y desarrollo de proyectos tendientes a la reducción de emisiones de metano; utilizar tecnologías disponibles y demostradas para el manejo de emisiones de metano; implementar planes de reducción de metano que permitan disminuir las pérdidas de gas natural y aumentar los ingresos de las empresas.

El gas natural es considerado el combustible fósil más limpio, ya que provoca bajas emisiones de carbono. Según la calidad de la mezcla del gas y el desarrollo de los equipos quemadores las emisiones pueden ser menores. Adicional a esto, en muchas de sus aplicaciones, el gas natural produce poco dióxido de azufre, la principal causa de la lluvia ácida; también genera muy poco óxido de nitrógeno, el culpable del *smog*, y pocas partículas de material que afectan la salud. El aumento en la utilización del gas natural producido mediante métodos más limpios contribuye tanto a la mitigación al cambio climático como a la adaptación del sector hidrocarburos, ya que puede presentar una compensación económica para el sector (posible disminución de uso de crudo por las altas emisiones y un aumento en el uso de gas natural por sus menores emisiones).⁵

Cambios en procesos simples: mejorar el mantenimiento y el control de los procesos puede resultar buenas prácticas de mitigación. McKinsey & Company (2009) proponen ciertas prácticas de acuerdo con los diferentes procesos que componen el sector de hidrocarburos:

- En los procesos *upstream*, como parte de programas de conservación y mejoras del mantenimiento, se pueden tomar medidas como la reducción de los residuos en la construcción de tuberías y la optimización y separación de las presiones.
- En los procesos *midstream*, la inspección directa y el mantenimiento de los compresores y

de las redes de distribución y una mejor planeación, pueden ser buenas prácticas de mitigación. Una opción es la implementación de proyectos MDL para la instalación de sellos secos en compresores de gas para los complejos procesadores de gas (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2012).

- En los procesos *downstream*, los programas de conciencia energética y la optimización de los procesos de control de las refinerías pueden ayudar a la reducción de emisiones.

Mejoras en la eficiencia energética: las modificaciones en la eficiencia energética pueden ayudar a reducir las emisiones del sector. Estas mejoras requieren de la inversión de capital tanto en los procesos como en la planta.

- En los procesos *upstream*, se pueden lograr reducciones mediante el desarrollo de programas que aseguren la construcción de nuevas facilidades de producción para lograr mejores estándares en términos de eficiencia energética.
- En los procesos *midstream*, se sugiere el uso de la sustitución acelerada o la compresión eléctrica.
- En los procesos *downstream*, se pueden lograr reducciones a través de la sustitución, la mejora y la adición de equipos que no alteren los procesos del flujo hacia la refinería, como lo es la recuperación de desperdicios de calor vía la integración de calor y la sustitución de, calderas, calentadores, turbinas y/o motores.

5. International Gas Union. 2009. Disponible en: <http://www.igu.org/gas-knowhow/publications/igu-publications/Natural%20Gas%20Unlocking%20the%20Low%20Carbon%20Future.pdf>

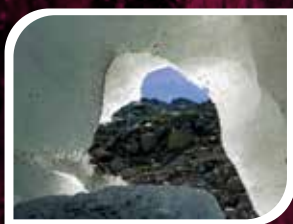
Captura de carbono y almacenamiento: esta práctica es una gran estrategia de mitigación mientras que el capital y la capacidad de la ingeniería estén disponibles. Tiene una mayor aplicabilidad en grandes fuentes de CO₂, por tanto, un mayor impacto en los procesos *downstream*, como las refinerías que tienen el espacio para el almacenamiento y la flexibilidad técnica para incluir este tipo de prácticas. En los procesos *upstream* puede ser aplicable en la producción *in situ* del crudo no convencional, donde la energía requerida es producida en una ubicación centralizada.



Referencias

- Ayarza, M.; Carulla, J. E.; Lascano, C. E.; Cárdenas, E.; Boshell, F.; Peña, A. 2009. *Conclusiones del Seminario Internacional sobre Cambio Climático y los Sistemas Ganaderos en Colombia*. Corpoica. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200955153116_Cambio%20Clim%C3%A1tico%20y%20Ganader%C3%ADa.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2014. *Agricultura y clima futuro en América Latina y el Caribe: Impactos sistémicos y posibles respuestas*. Documento de debate No. IDB-DP-329. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38585011>
- Chaudhary, R. C.; J. S. Nanda & D. V. (Tran.). 2003. *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz*. Comisión internacional del arroz - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p. 73.
- Chinchilla, C. & Durán, N. 1998. Manejo de problemas fitosanitarios en palma de aceite. Una perspectiva agronómica. *Palmas*, Vol. 19. Número especial.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC - Capítulo V. 2012. México. p. 108. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/615/mitigar.pdf>
- Cuevas. (s.f.). *Manejo integrado de plagas en el cultivo del arroz*. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/MIP%20arroz.pdf
- Degiovanni, V.; Martínez, C.; Motta, F. 2010. *Producción ecoeficiente del arroz en América Latina*. Tomo I. De lo que es cultivo de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 513 p.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). 2013. *Cuentas departamentales - Producto interno bruto año 2012*. Boletín de prensa. Bogotá. p. 26.
- Ecopetrol. 2009. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=46&conID=37668>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2003. Disponible en: <http://ftp.fao.org/docrep/fao/006/Y2778S/Y2778S00.PDF>
- _____. 2007. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Pagos a los agricultores por servicios ambientales*. Roma: FAO.
- _____. 2009. *La seguridad alimentaria y la mitigación de la agricultura en los países en desarrollo: opciones para conseguir sinergias*. Roma: FAO.
- _____. 2014. *Agricultura climáticamente inteligente*. Disponible en: <http://www.fao.org/climatechange/climatesmartpub/66303/es/>
- Fedearroz. 2011. *Boletín informativo de la Federación Nacional de Arroceros - Fondo Nacional del Arroz*. Año 20, No. 251. Bogotá D.C. ISSN 122-2635.
- _____. 2013. *Revista Arroz*. Vol. 61, No. 502.
- Franzel, S.; Wambugu, C. & Tuwei, P. 2003. The adoption and dissemination of fodder shrubs in central Kenya. *Agricultural Research and Network Series*. Paper No. 131. Londres: Instituto de Desarrollo de Ultramar.
- Glick, P.; Stein, B. A. & Edelson, N. A. (Eds.). 2011. *Scanning the Conservation Horizon: A Guide to Climate Change Vulnerability Assessment*. Washington, D.C.: National Wildlife Federation. 168 p.
- Herrera, C.; Gómez, A. & Ortega, S. 2010. *Colombia: hacia una economía baja en carbono*. Bogotá, Colombia: ANDI.
- Hristov, A. N.; Oh, J.; Lee, C.; Meinen, R.; Montes, F.; Ott, T.; Firkins, J.; Rotz, A.; Dell, C.; Adesogan, A.; Yang, W.; Tricarico, J.; Kebreab, E.; Waghorn, G.; Dijkstra, J. & Oosting, S. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production. A review of technical options for non-CO2 emissions. Edited by Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson and Harinder P. S. Makkar. *FAO Animal Production and Health. Paper No. 177*. Rome, Italy: FAO.

- IDEAM. 2010. *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Capítulo 2. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- International Gas Union. 2009. Disponible en: <http://www.igu.org/gas-knowhow/publications/igu-publications/Natural%20Gas%20Unlocking%20the%20Low%20Carbon%20Future.pdf>
- IPCC. 2007. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R. K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Ginebra, Suiza: IPCC. 104 p.
- _____. 2013. *Tercer Informe de Evaluación. Anexo B. Glosario de términos*. Estocolmo, Suecia.
- Laren, E.; Benavides, R. & Espinosa, A. 2007. *Caracterización y plan de acción para el desarrollo de la agrocadena de palma aceitera en la región Huetar Atlántica*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Costa Rica. p. 65.
- Lau, C.; Jarvis, A.; Ramírez, J. 2011. *Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático*. CIAT *Políticas en Síntesis No. 1*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 4 p.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-Carbon Economy*. Version 2 of the Global Greenhouses Gas Abatement Cost curve. p. 192.
- Martínez, G. D. 2012. *El DNP y el CIAT, midiendo el impacto del cambio climático en Colombia: ganadería, recurso hídrico y biodiversidad*. CIAT. Disponible en: <http://dapa.ciat.cgiar.org/dnp-y-ciat/>
- Naandanjain Irrigation. 2011. *Palma aceitera*. Israel. 12 p.
- Ortega-P, C.; García-G, P.; Caro-D, A. & Sabogal-M, J. 2011. *Selvas, comunidades y cambio climático*. Bogotá, Colombia: Fondo Patrimonio Natural. 33 p.
- Páramo-Rocha, G. E. 2011. Susceptibilidad de las coberturas vegetales al fuego. En: Parra, A., *Incendios de la cobertura vegetal en Colombia*. Colombia: Universidad Autónoma de Occidente. pp. 37-40.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (s.f.). *El departamento del Meta frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Disponible en <http://www.pnud.org.co/img_upload/33323133323161646164616461646164/odm%20meta.pdf>.
- _____. 2010. *El cambio climático en Colombia y el Sistema de las Naciones Unidas. Revisión de riesgos y oportunidades asociados al cambio climático*. Resumen para tomadores de decisión. Proyecto integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y en la programación de país de las Naciones Unidas. Bogotá.
- Ramírez, C. N. E.; Silva, R. A. S.; Garzón, G. E. M. & Yáñez, E. E. 2011. *Caracterización y manejo de subproductos del beneficio del fruto de palma de aceite*. Boletín técnico No. 30. Cenipalma.
- Reid, H.; Chambwera, M. & Murray, L. (2013). *Tried and tested: Learning from farmers on adaptation to climate change*.
- Reij, C.; Tappan, G. & Smale, M. 2009. *Agroenvironmental transformation in the Sahel: Another kind of "Green Revolution"*. Documento de debate IIPA. Washington, D.C.: Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias.
- Sánchez-Salazar, M. T. & Martínez-Galicia M. 2000. La vulnerabilidad de la industria y los sistemas energéticos ante el cambio climático global. En: Carlos Gay García (Comp.) 2000. *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. México: Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. 220 p. ISBN 968-36-7562-X
- Sheil, Casson, Meijaard, Van Noordwijk, Gaskell, Sunderland-Groves, Wertz & Kanninen. 2009. The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia. En: *Occasional paper. No. 51*. p. 58.
- Wilby, R. & Miller, K. 2009. *Technical Briefing Paper (5): Climate Vulnerability Assessment*. Water Research Foundation, UKWIR, WERF and NCAR. 2 p.
- WWF. 2014. *Guía de conceptos básicos para el trabajo en el piedemonte amazónico*. Sin publicar.



Cormacarena
PBX: + 57 (8) 673 0420
Cra. 35 No. 25-57
Villavicencio - Meta
cormacarena.gov.co



WWF-Colombia
Tel: + 57 (2) 558 2577
Cra. 35 No. 4A-25
Cali, Colombia
www.wwf.org.co