



CADENAS SOSTENIBLES ANTE UN CLIMA CAMBIANTE  
EL MAÍZ EN COLOMBIA

Alliance



Implementado por

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



Ministerio Federal  
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza  
y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

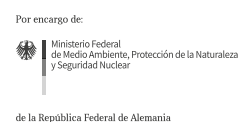


---

CADENAS SOSTENIBLES ANTE UN CLIMA CAMBIANTE

# EL MAÍZ EN COLOMBIA

---



**Publicado por**  
**Deutsche Gesellschaft für**  
**Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

**Oficinas**

Bonn y Eschborn, Alemania  
T +49 228 44 60-0 (Bonn)  
T +49 61 96 79-0 (Eschborn)

Friedrich-Ebert-Allee 40  
53113 Bonn, Alemania  
T +49 228 44 60-0  
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Alemania  
T +49 61 96 79-0  
F +49 61 96 79-11 15

E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)

**ProNDC, Colombia:** Apoyo a Colombia en la implementación de sus metas climáticas

**Director ProNDC y Cluster Ambiental Colombia:**  
Hermann Fickinger (GIZ)

**Coordinadora ejecutiva ProNDC:**  
Nadia Manasfi (GIZ)

**ISBN:** 978-958-8945-53-8  
**ISBN Digital:** 978-958-8945-58-3

**Autora:**

García Botina, Miryan Janeth (Alianza CIAT-Bioiversity)

**Colaboradores:**

Valencia, Jhon Brayan (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Bravo Parra, Aura María (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Escobar Carbonari, Daniel (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Vélez Betancourt, Andrés Felipe (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Jhonatan Céspedes (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Nilton Díaz (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Andrés Charry Camacho (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Matthias Jäger (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Jhon Jairo Hurtado (Alianza CIAT-Bioiversity)  
Jeimar Tapasco Alzate (Alianza CIAT-Bioiversity)

**Revisión:**

María Eugenia Bedoya Arias (GIZ)

**Asesora Comunicaciones:**

Marcela Rodríguez Salguero (GIZ)

**Diseño y edición:**

Puntoaparte Editores, Bogotá

**Dirección de arte:**

Diego Cobos

**Diagramación:**

Inti Alonso

**Fotografías:**

Alianza CIAT-Bioiversity  
Carlos Sierra (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural)

---

Este proyecto es parte de la Iniciativa Internacional del Clima (IKI). El Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) apoya esta iniciativa sobre la base de una decisión adoptada por el Parlamento Alemán.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a los equipos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Departamento Nacional de Planeación y al Departamento económico de Fenalce por la información y apoyo brindado para el desarrollo de contenidos de esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento no pueden ser tomadas como opiniones oficiales de la GIZ o la Alianza CIAT-Bioversity.



# PRESENTACIÓN

El cumplimiento de las metas climáticas es un reto que actualmente asumen la mayoría de los países a nivel mundial, incrementando sus exigencias de reducción de emisiones y adaptación para responder ante impactos cada vez más recurrentes en el clima. Colombia se ha comprometido desde hace años con altos objetivos climáticos. Para ello, el programa ProNDC apoya al Gobierno colombiano en la coordinación efectiva de las medidas relevantes de mitigación y adaptación al cambio climático, en cooperación con actores públicos y privados, para la implementación de sus metas de cambio climático (NDC, por sus siglas en inglés).

Esta serie de cinco publicaciones es el resultado del trabajo de investigación desarrollado por los especialistas del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en coordinación con el equipo ProNDC y sus contrapartes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Departamento Nacional de Planeación), para reunir la información de base sobre cinco cadenas de valor y su potencial en materia de adaptación al cambio climático y reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

Las cadenas seleccionadas por ProNDC y sus contrapartes fueron: cacao, maíz, papa y ganadería bovina, tanto para carne como para leche. Para ello, el CIAT reunió y sistematizó la información existente para cada una de las cadenas mencionadas –desde sus eslabones más importantes, los actores involucrados, sus estructuras y experiencias de cooperación existentes–. A partir de ello, analizó tanto el riesgo climático, como la resiliencia y la capacidad adaptativa, así como las emisiones vinculadas y el potencial de reducción en las mismas en la producción, transformación y distribución de cada producto.

El resultado ha sido el establecimiento de una línea de base sobre el potencial climático de cada cadena de valor. Esto permitirá a los actores clave abordar las iniciativas de desarrollo productivo de manera sistémica y tomar decisiones en conjunto para lograr potenciar una producción más sostenible en materia climática. Para ser más concretos: con este análisis los actores encuentran las claves para cambiar su manera de producir, de transformar, de perfeccionar y de comercializar los productos con menos emisiones y aumentando la resiliencia de las culturas agrícolas y de las culturas humanas. Esta transformación no solamente permitiría mantener los empleos agropecuarios existentes, sino también darles una perspectiva más amplia frente a un mercado que exige más y más productos sostenibles. Esta es una realidad que se ha hecho más urgente por una economía golpeada por la actual pandemia y que requiere compromisos y acciones conjuntas cada vez más exigentes que permitan acelerar los procesos de recuperación de la economía y una producción inteligente ante un clima cambiante.

Hermann Fickinger  
Director ProNDC

# CONTENIDO

## PARTE 1

### ESTADO DEL ARTE DE LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ EN COLOMBIA

9

Contexto del capítulo 11  
Marco analítico 12

1

**ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ EN COLOMBIA 14**

Características generales del cultivo 16

Mapeo de la cadena de valor 18

Material vegetal 22

Producción 24

Área sembrada y rendimientos del cultivo de maíz en Colombia 24

Costos de producción 26

Comercialización del grano de maíz 28

Importación de grano 30

Procesamiento del maíz 34

Consumo nacional de maíz 38

Actores meso y macro 40

2

**PRINCIPALES CUELLOS DE BOTELLA DE LA CADENA DE MAÍZ 42**

3

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CADENA DEL MAÍZ 46**

## PARTE 2

# LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ ANTE UN CLIMA CAMBIANTE

51

Contexto del capítulo	53
Marco metodológico climático	54

1

<b>EL MAÍZ Y SU NEXO RURAL-URBANO</b>	<b>58</b>
---------------------------------------	-----------

2

<b>EL MAÍZ ANTE UN CLIMA CAMBIANTE</b>	<b>62</b>
--	-----------

Riesgo y adaptación al cambio climático	64
Riesgo y adaptación en la producción primaria del maíz	64
Riesgo y adaptación en la distribución del maíz	72
Riesgo y adaptación en la transformación del maíz	74

Emisiones y mitigación en la cadena de valor del maíz	76
Nivel de emisiones y mitigación en la producción primaria del maíz	76
Nivel de emisiones y mitigación en la distribución del maíz	80
Nivel de emisiones y mitigación en la transformación del maíz	82

Síntesis de resultados sobre emisiones y riesgos	84
Evaluación cualitativa para la cadena de valor del maíz	86
Referencias	92
Acrónimos y abreviaturas	94
Lista de figuras y tablas	95





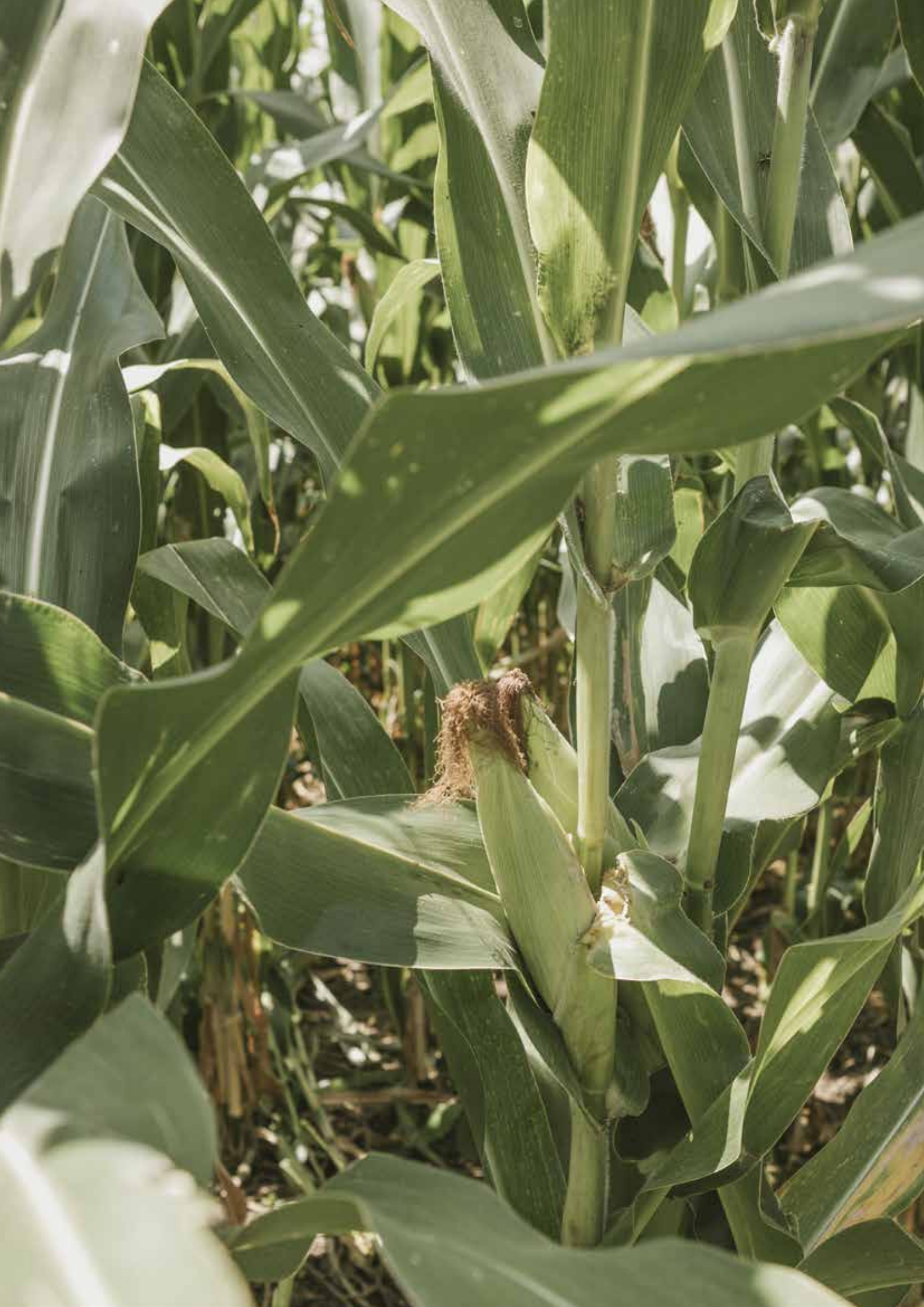


# 1

---

ESTADO DEL ARTE  
DE LA CADENA DE  
VALOR DEL MAÍZ  
EN COLOMBIA







# CONTEXTO DEL CAPÍTULO

Esta sección del documento es el resultado de una actualización rápida del estado del arte de la cadena de valor del maíz en Colombia, la cual tiene la finalidad de brindar un panorama amplio de la información disponible a nivel sectorial y facilitar el seguimiento a la dinámica económica de la cadena. Esto ayudará en la toma de decisiones de los actores y organismos representativos del sector maicero colombiano. Para la construcción de todo este informe se revisó y sintetizó literatura y estudios de base realizados previamente a escalas regional y nacional, principales cifras y bases de datos públicas disponibles en sitios web institucionales. Por último, la descripción presentada fue validada y complementada por agentes del sector, mediante entrevistas semiestructuradas y revisiones detalladas del contenido.



# MARCO ANALÍTICO

El marco analítico empleado en esta sección de la publicación corresponde al mapa genérico de cadenas de valor agropecuarias de Lundy *et al.* (2007), Lundy *et al.* (2014) y Springer-Heinze (2018). A partir de este enfoque se ofrece una representación visual y una descripción de cada uno de los eslabones que componen las cadenas, sus actores clave y funciones, flujos de productos e información, pasando desde la producción primaria hasta los consumidores, e incluyendo prestadores de servicios y entidades de apoyo, regulación y control (Lundy *et al.*, 2014).

Bajo el esquema metodológico y analítico mencionado, los actores de cada cadena se categorizaron en tres niveles: micro, meso y macro. En el nivel micro encontramos a los actores directos, quienes están inmersos en el proceso de producción primaria, comercialización, distribución y consumo final; es decir, toman posesión del producto en algún momento a lo largo de la cadena, razón por la cual asumen riesgos directos. En el nivel meso están todos aquellos actores encargados de la prestación de servicios y apoyan de manera directa a los actores del primer nivel. Por último, en el nivel macro se incluyen las instituciones gubernamentales encargadas del diseño, planeación e implementación de políticas y de la regulación productiva, territorial, ambiental y comercial, entre otras (Springer-Heinze, 2018).

Es común que algunos de los actores participen en diferentes eslabones y niveles de manera simultánea, como es el caso de las asociaciones de productores o empresas agroindustriales quienes, además de realizar acopio, transformación o comercialización del producto y sus derivados, brindan servicios de asistencia técnica rural, capacitación a proveedores, programas de fortalecimiento asociativo y acceso a capital, entre otros. Debido al alcance y los objetivos de la presente revisión, los análisis presentados se enfocan en los actores y actividades del nivel micro.

En este sentido, el documento inicia con una presentación de las características generales del cultivo de maíz en el país, continúa con una presentación del mapeo de la cadena y una descripción de sus eslabones y actores. A continuación, se incluye información sobre el contexto y las tendencias actuales del mercado global y se procede presentando una síntesis de los principales cuellos de botella identificados para cada eslabón. La sección finaliza con unas conclusiones y recomendaciones para la cadena. Finalmente, el documento pasa a una sección de análisis de la cadena de valor de maíz ante un clima cambiante en la cual se genera una línea de base tanto de los retos para adaptarse ante los impactos del clima, así como las emisiones generadas y los potenciales de reducción en la cadena de valor del maíz.









# ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ EN COLOMBIA





# 1

1.1

CARACTERÍSTICAS  
GENERALES DEL CULTIVO

1.2

MAPEO DE LA CADENA DE VALOR



1.1

# CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO

El maíz es un cultivo transitorio con un ciclo productivo semestral. Posee una amplia capacidad para adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas, lo que le permite desarrollarse en diferentes regiones geográficas. Para su crecimiento, son fundamentales algunas variables como la luminosidad, la temperatura y la humedad, entre otras. Pueden encontrarse cultivos desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm. Además, necesita un rango de temperatura entre los 25 y 30 °C, y por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación durante el ciclo productivo. La escasez de agua es uno de los factores más limitantes para su desarrollo, especialmente en la etapa de floración, donde el rendimiento de grano puede afectarse (Deras Flores, 2010).

Respecto al suelo, el maíz se adapta a una amplia variedad de texturas, con preferencia de aquellos que posean textura media (francos), ricos en materia orgánica, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua. Se recomiendan

suelos con pH entre 6 y 7, ya que por abajo o por encima de estos límites se presentan problemas en la disponibilidad de ciertos elementos y toxicidad (Minagricultura, 2018).

En esencia, gran parte del territorio nacional posee condiciones edafoclimáticas aptas para el desarrollo de diferentes variedades de maíz. A lo largo del territorio nacional, es posible encontrar razas criollas y variedades nativas de Colombia, como por ejemplo azulito del valle y roja sangre toro, entre otras. Esta diversidad de maíces negros, rojos y morados se caracteriza por un porte alto, un ciclo productivo corto (en promedio 4,5 meses), y por contener altos valores nutracéuticos (UNAL, 2019). Además de las razas criollas y variedades nativas, que son sembradas a pequeña escala por las comunidades indígenas y pequeños agricultores, se encuentran una serie de híbridos y variedades de maíz transgénico (amarillo y blanco), desarrollados con características específicas para cada zona productora del país.

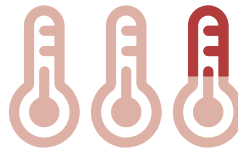


Gran parte del territorio nacional posee **condiciones edafoclimáticas aptas para el desarrollo de diferentes variedades de maíz.**



Pueden encontrarse cultivos desde el nivel del mar hasta los

**3000** msnm



Necesita un rango de temperatura entre los

**25 y 30 °C**



**500 a 700** mm

de precipitación durante el ciclo productivo





1.2

# MAPEO DE LA CADENA DE VALOR

A continuación, se describe la cadena de valor del maíz en la figura 1. Esta ilustra todas las actividades requeridas en torno al cultivo, desde la producción hasta la poscosecha, además de su acopio, transporte, procesamiento y comercialización. La cadena nacional del maíz se puede representar a través de los siguientes eslabones:

A

**Recursos genéticos y material vegetal:** incluye las actividades y actores relacionados con la producción y comercialización de material vegetal para la producción de maíz.



B

**Producción primaria:** hace referencia a las actividades en finca realizadas por los diferentes productores. Se proporcionan cifras de las actividades propias del eslabón. Además, se incluye el comportamiento de las importaciones en volúmenes y precios.



C

**Comercialización del grano:** incluye a todos los actores que participan en la compra y venta del grano. En este eslabón se destacan las organizaciones de productores, los comerciantes independientes, los agentes de compra y los importadores que acopian el grano para luego venderlo a compradores nacionales.

C





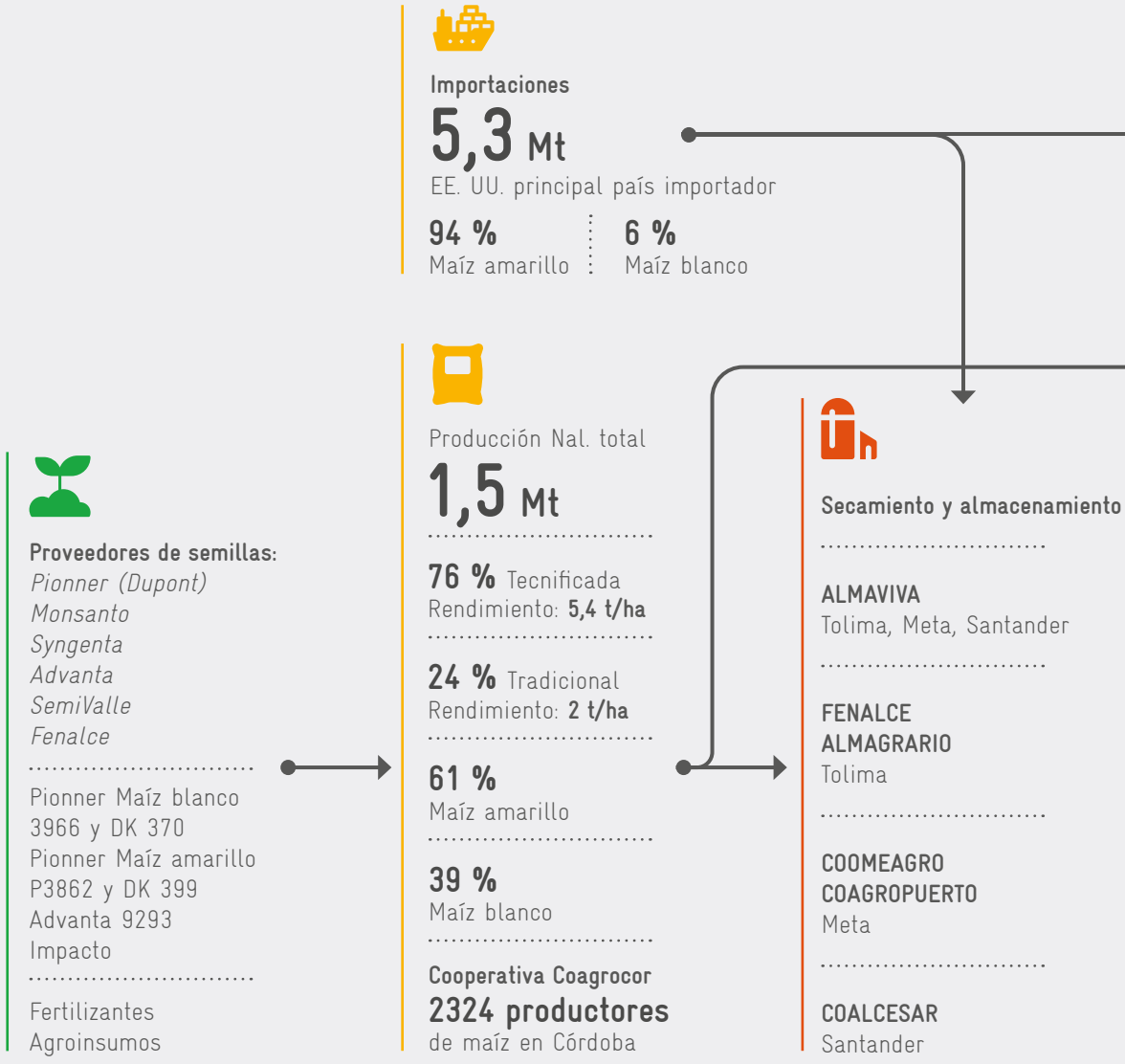
D

**Transformación del maíz nacional e importado:** incluye la transformación del grano en distintos productos para consumo humano y animal.



E

**Mercados:** se relaciona con la comercialización realizada al mercado mayorista y minorista de procesados en mercados nacionales. Incluye algunas tendencias del mercado del maíz en el mundo.



**Suministro de insumos y material vegetal**



**Producción**



**Acopio**

Zona urbana  
 Zona rural

**Calidades:**  
**Amarillo duro (tipo Flint):**  
 Consumo humano  
**Amarillo dentado (tipo Dent):**  
 Fabricar alimentos balanceados y piensos para animales

**Precios (\$/t) 2017:**  
**Amarillo**  
 Nacional 720 000 | Importado 650 000  
**Blanco**  
 Nacional 800 000 | Importado 700 000

**Figura 1.** Mapa de la cadena de valor del maíz en Colombia.



**ABA (Alimentos Balanceados para animales):**  
consumo animal

*Solla S.A*  
*Alimentos Finca SAS*  
*Grupo ITALCOL*  
*Contegral SA*  
*Ingredion Colombia SA*  
.....

\*Ensilaje de maíz

Mayoristas y distribuidores



**Industria harinera:**  
consumo humano (productos terminados: harina precocida de maíz, jarabe de maíz, maíz enlatado, sopas en crema, arepas)

*Harinera del Valle*  
*La Soberana*  
*Alimentos Polar*  
*Ingredion*  
*Levapan*  
*Solarte*  
*Kellogg's*  
*Pepsico Alimentos*  
*Molinos del Atlántico*

Mercado moderno



Mercado nacional



Transformación

El maíz amarillo importado se destina a la fabricación de **ABA**:

**64,3 %** : **15,5 %** : **11 %** : **9,2 %**  
avícola : porcícola : bovino : mascotas



Comercialización y Mercados

Demanda de maíz blanco es de aprox.

**900 000 t/año**

que son suplidas fundamentalmente por la **producción interna**

## 1.2.1

# MATERIAL VEGETAL

En Colombia se reportan 23 razas de maíz que han dado origen a múltiples variedades y ecotipos, y además se encuentran más de 5600 accesiones (muestras) conservadas en bancos de germoplasma. Antes del desarrollo de los maíces mejorados, los agricultores cultivaban variedades criollas, pertenecientes a diferentes razas, como es el caso de la variedad *kamuchasaín* en la Guajira, caracterizada por su ciclo corto de producción y el tamaño pequeño de la mazorca. Otro ejemplo es la variedad común cultivada en el Viejo Caldas, Cauca y Valle del Cauca, y la variedad *sabanero*, en el altiplano cundiboyacense (Fenalce, 2010).

Contario a lo anterior, el sistema tecnificado hace uso de semillas mejoradas –híbridas y transgénicas– para la producción. La diferencia de las semillas radica en su forma de desarrollo: mientras las primeras son el resultado de un proceso de selección y cruce de la misma especie que permite obtener una planta con un rendimiento de grano superior al de sus padres (CIMMYT & CIAT, 2019), las segundas son desarrolladas artificialmente mediante la ingeniería genética y se producen con la transferencia de genes foráneos (transgenes) de cualquier origen biológico (animal, vegetal, microbiano, viral) al genoma de la especie cultivada; el resultado final es una semilla resistente a plagas (Chaparro, 2011).

Se estima que a nivel nacional, en el 2018 el 93 % de la superficie de maíz tecnificado (201,402ha) fue sembrado con semilla de maíz híbrido (Acosemillas, 2018), y en el mismo año alrededor de 76 014 ha fueron sembradas con semillas de maíz transgénico (Agro-Bio, 2019). Cabe señalar que existen 142 registros de semilla nacional certificada y 532 de semilla importada (Dinero, 2018).

Estos registros son inspeccionados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) mediante la Resolución 3168 de 2015, por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como también el registro de las unidades de evaluación agronómica y las unidades de investigación en fitomejoramiento.

Actualmente, la industria de semillas mejoradas es manejada por la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (Fenalce) y por empresas privadas nacionales y multinacionales. Cada una de ellas ha desarrollado líneas de investigación, producción y comercialización de diferentes semillas y, en algunos casos, incluyen la comercialización de fertilizantes y asesoramiento agronómico.

Según la Asociación Colombiana de Semillas y Biotecnología (Acosemillas), en el 2018 el mercado de semillas en Colombia representó alrededor de USD 70 090 935, de los cuales USD 22,754,160 correspondían al grano de maíz, es decir, una participación de 32,46 %. Con respecto al volumen total de semillas importadas para ese mismo año, se reportó un total de 9225 t. De este valor, la semilla de forrajeras ocupó la mayor participación, con 3967 t (42,54 %), seguido del maíz con 3690 t (40,13 %), y el 17 % restante se relaciona con semillas de especies como algodón, sorgo, soya, palma y hortalizas. En general, las proyecciones de crecimiento de este mercado están sujetas a la variación de las áreas de siembra en el país (Dinero, 2018). A continuación, se presenta un listado de las principales compañías importadoras y comercializadoras de semillas (tabla 1):



Se estima que a nivel nacional, **en el 2018 el 93 % de la superficie de maíz tecnificado (201,402ha) fue sembrado con semilla de maíz híbrido (Acosemillas, 2018).**

**Empresa comercializadora de semillas**

Agropecuaria Aliar S.A
AgroReza
Bayer (Monsanto)
Compañía Agroindustrial de Semillas SAS
Compañía Internacional de Semillas Tropicales Ltda
Corteva (Unión de Dow y Dupont)
Distribuidora de Abonos S.A
Global Agricultural Business S.A.S.
Saenz Fety
Semillas Del Pacifico S.A.S
Syngenta
UPL
Semillas Valle
Maxi Semillas
Semillas Guerrero
INTEROC S.A. SUCURSAL COLOMBIA
Semillas Arroyave
Semillas Líder de Colombia
SEM LATAM S.A.
Universidad de Nariño
Agrosavia
Fenalce
CIMMYT

**Tabla 1.** Principales empresas importadoras y comercializadoras de semillas en Colombia. Fuente: elaboración propia.



1.2.2

# PRODUCCIÓN

## ÁREA SEMBRADA Y RENDIMIENTOS DEL CULTIVO DE MAÍZ EN COLOMBIA

La caracterización de los productores de maíz en Colombia está dada por variables como el tamaño de las áreas del cultivo, el uso de tecnologías y el destino de sus cosechas; además, es importante resaltar que esta caracterización puede variar según la zona productora. Por consiguiente, los pequeños productores poseen predios de maíz entre 0 y 5 ha, cultivados bajo un sistema tradicional en el que no se hace uso de paquetes tecnológicos y, en consecuencia, se presentan bajos rendimientos (alrededor de 1,5 a 2 t/ha). Parte de la producción de sus cultivos se destina para el autoconsumo, y los excedentes se comercializan en las plazas de mercado regional.

En segundo lugar, se encuentran los medianos productores, quienes para el establecimiento y desarrollo del cultivo cuentan con mayores recursos de inversión y, por ende, logran mayores rendimientos (superior a 4 t/ha). La cosecha es comercializada con mercados específicos (intermediarios y mercados minoristas). Además de la capacidad financiera, este grupo cuenta con capacidades técnicas, adquiridas a través de capacitaciones y formación de competencias constantes.

Los grandes productores, por su parte, tienen acceso a semillas híbridas y maquinaria agrícola para las labores del cultivo, como por ejemplo, para la adecuación del terreno, la siembra, la cosecha y la trilla, entre otras. Las áreas de los cultivos son superiores a las 30 hectáreas, y además cuentan con la asesoría constante de profesionales agrónomos y laboratorios que monitorean la nutrición del suelo y la presencia de plagas y enfermedades. Todo lo anterior les permite obtener rendimientos tres veces mayores que en el sistema tradicional y destinar su producción de forma directa a los mercados mayoristas y empresas agroindustriales nacionales.

El cultivo de maíz en Colombia se puede clasificar en dos sistemas de producción: el maíz tradicional y el maíz tecnificado. El sistema tradicional se caracteriza principalmente porque el material usado para la propagación son semillas nativas y criollas, seleccionadas y obtenidas de las mismas cosechas de las fincas de los productores. Se da especialmente en minifundios (hasta 5 hectáreas). La práctica de la siembra se realiza a chuzo, en triángulo y de forma manual; además, el control de malezas se realiza de forma deficiente y hay un escaso uso de fertilizantes. La producción se destina mayormente al autoconsumo y los excedentes se comercializan en plazas de mercado o para la elaboración de arepas artesanales y mazamorra para la venta directa.

Por otro lado, se encuentra el sistema de producción tecnificado, que se caracteriza por el uso de semillas híbridas o transgénicas para propagación y el empleo de maquinaria agrícola para la adecuación de terrenos, que cuentan con extensiones superiores a 5 ha. Además, las prácticas de control de malezas se realizan químicamente y se realiza fertilización radical. La producción está destinada a atender mercados relacionados con la elaboración de alimentos balanceados para animales (ABA), producción de harinas, molienda y trilla, entre otros.

Según la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (Fenalce), a nivel nacional en el 2019 se contaba con un área sembrada de 395 919 ha, con una producción aproximada de 1,5 Mt, entre ambos sistemas. El sistema tecnificado representa el 75 % del área, y el 25 % restante corresponde al sistema tradicional (tabla 2 y figura 2).

Tipo de maíz y sistema	2018		2019	
	Área (ha)	Producción (t)	Área (ha)	Producción (t)
Maíz amarillo tecnificado	142 548	741 041	134 008	771 090
Maíz blanco tecnificado	73 779	410 891	78 329	450 759
Maíz amarillo tradicional	116 104	241 604	115 677	238 597
Maíz blanco tradicional	67 066	131 445	67 905	136 388
Total	399 497	1 524 981	395 919	1 596 834

Tabla 2. Superficie y producción por tipo de maíz: 2018 y 2019. Fuente: Fenalce, 2019.

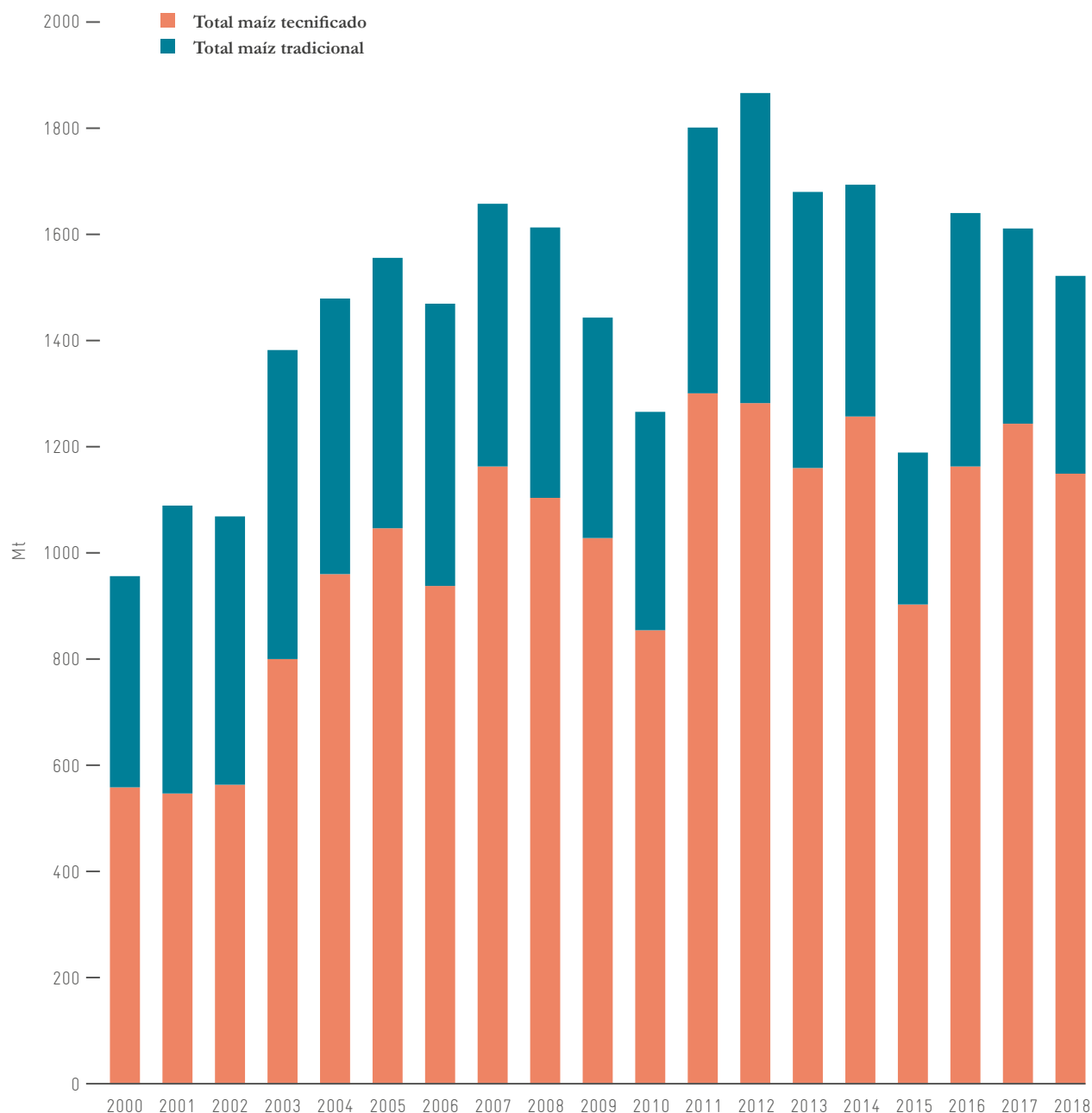


Figura 2. Producción maíz tecnificado vs. tradicional (t) entre 2000 y 2018. Fuente: Fenalce, 2019.

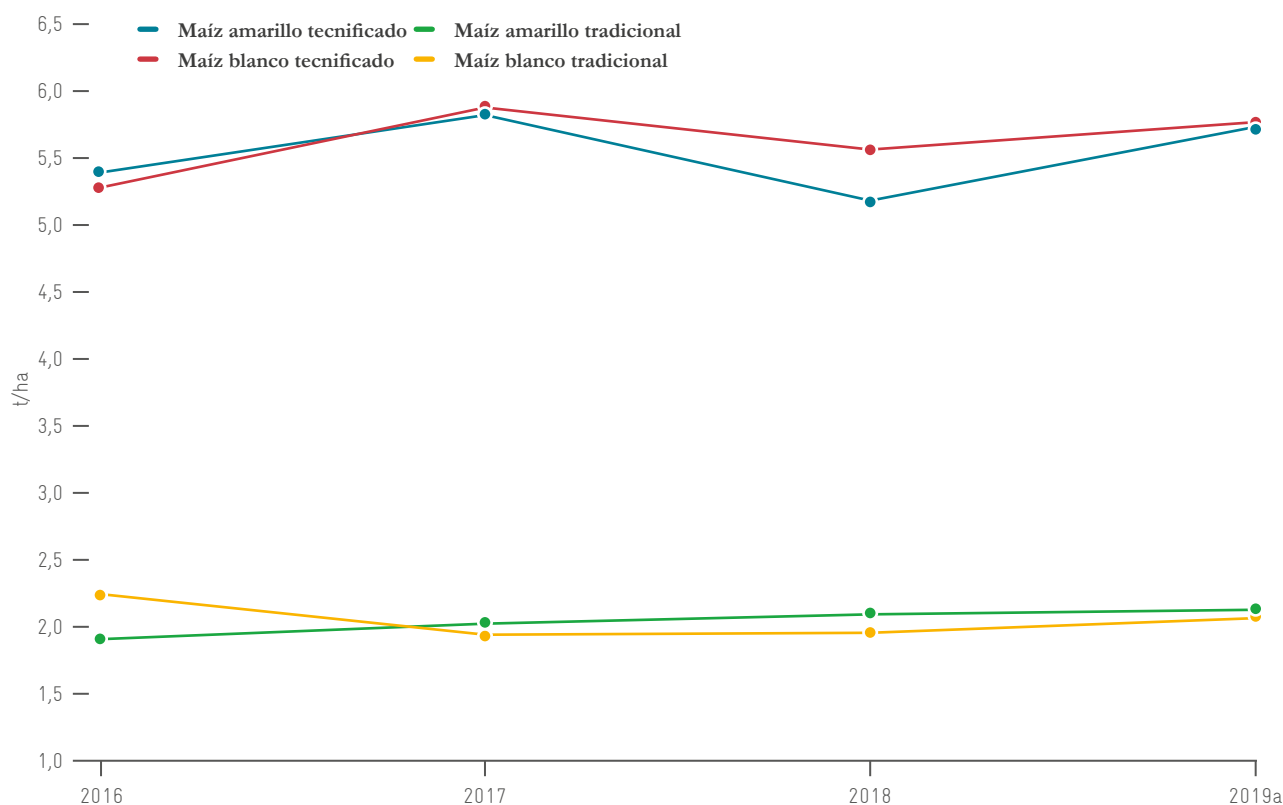


Figura 3. Rendimientos por tipo de maíz (2016-2019). Fuente: Fenalce, 2019.

El maíz está presente en distintas regiones del territorio nacional. Se siembra principalmente como un monocultivo y, en un menor porcentaje, en asociación con otros cultivos como frijol, ñame, café y arveja. Para 2017, el cultivo generó cerca de 126 000 empleos directos y se estima que beneficia a más de 390 000 familias (Portafolio, 2018). El grado de asociatividad en la cadena de valor de maíz es muy bajo. Sin embargo, en algunas zonas productoras es posible encontrar asociaciones, como es el caso de la asociación Asoprocarí en Granada (Meta) y la Cooperativa Coagrocor en Córdoba, que agrupa a 2324 productores de maíz del departamento.

Como se indica en la tabla 3, los principales departamentos productores de maíz a nivel nacional son: Meta, Tolima, Córdoba, Valle del Cauca y Bolívar. Meta ocupa el primer lugar en esta posición y es uno de los departamentos donde se desarrolla la siembra de maíz tecnificado, representado por un área 51 550 ha para una producción de 283 300 t/año. En la segunda posición se ubica el departamento del Tolima, con 33 000 ha de cultivo tecnificado y una producción de 186 780 t/año. Finalmente, en una tercera ubicación se encuentra Córdoba, que cuenta con un área de siembra de 16 450 ha y una producción de 140 700 toneladas al año.

Respecto a los rendimientos, es importante mencionar que estos varían dependiendo del sistema de producción usado (figura 3). En el 2019, el rendimiento promedio del sistema tecnificado fue de 5,75 t/ha, mientras que para el tradicional fue de 2 t/ha. Lo anterior indica que el cambio tecnológico incrementa el rendimiento aproximadamente 2,9 veces. Los departamentos donde se encontraron los mayores rendimientos (en el sistema tecnificado) fueron Valle del Cauca y Cauca, con 8,6 y 8,1 t/ha respectivamente, seguidos por Tolima y Meta.

## COSTOS DE PRODUCCIÓN

En cuanto a los costos de producción de maíz tecnificado, se encuentran divididos en costos directos e indirectos relacionados con los costos laborales e insumos, vigilancia y arrendamiento, entre otros. Los costos laborales, a su vez, incluyen tareas como la preparación del terreno (arado y rastreado), la siembra, además de costos relacionados con la aplicación de herbicidas, fungicidas y otras actividades. Finalmente, se tiene en cuenta la recolección del maíz, expresada en jornales, transporte y secamiento (figura 4).

Departamento	Maíz amarillo tecnificado (ha/año)	Maíz blanco tecnificado (ha/año)	Total maíz (ha/año)
Meta	44 550	7000	51 550
Tolima	17 490	15 510	33 000
Córdoba	6200	12 139	18 339
Valle del Cauca	7350	9100	16 450
Bolívar	8880	3970	12 850
Atlántico	10 895	1370	12 265

**Tabla 3.** Principales departamentos en área sembrada de maíz tecnificado en Colombia, 2018. Fuente: Fenalce, 2019.

COSTOS DIRECTOS			OTROS COSTOS	
LABORES			INSUMOS	OTROS
Preparación	Aplicaciones	Recolección		
Incorporación	Fertilizantes	Cosechadora manual	Semilla	Vigilancia jornal
Cincelada	Herbicida terrestre	Jornales manipuleo interno	Fertilizantes	Asistencia técnica
Camas	Herbicida aéreo	Desgrane - requisa	Insecticidas	Arrendamiento
Arada	Fungicida terrestre	Zorreo	Fungicidas	Intereses financieros
Rastreada	Fungicida aéreo	Jornales de trilla	Herbicidas	Cuotas e impuestos
Rastrillada	Insecticida terrestre	Transporte interno	Biológicos	Administración
Siembra	Insecticida aéreo	Transporte acopio	Agua	Otros servicios
Cultivadas	Aplicación biológico	Secamiento	Cabuya	
Riego-drenaje		Otros costos	Tratamiento semilla	
Labores manuales			Cal dolomita	
			Transporte insumos	

**Figura 4.** Estructura de costos en el cultivo de maíz tecnificado. Fuente: Fenalce - Tablero informativo. Costos de producción - Tecnología representativa. Regional Meta.







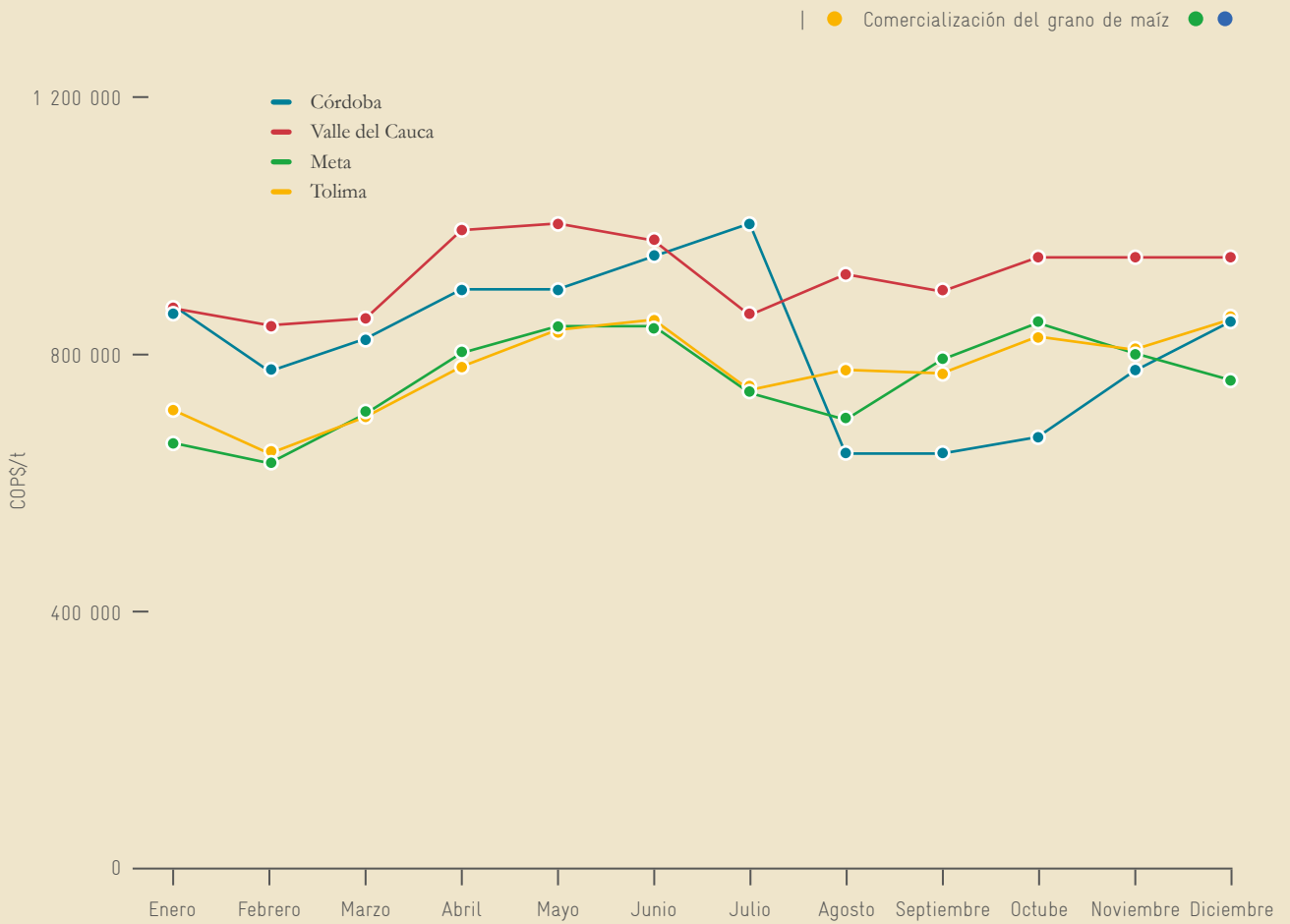
1.2.3

# COMERCIALIZACIÓN DEL GRANO DE MAÍZ

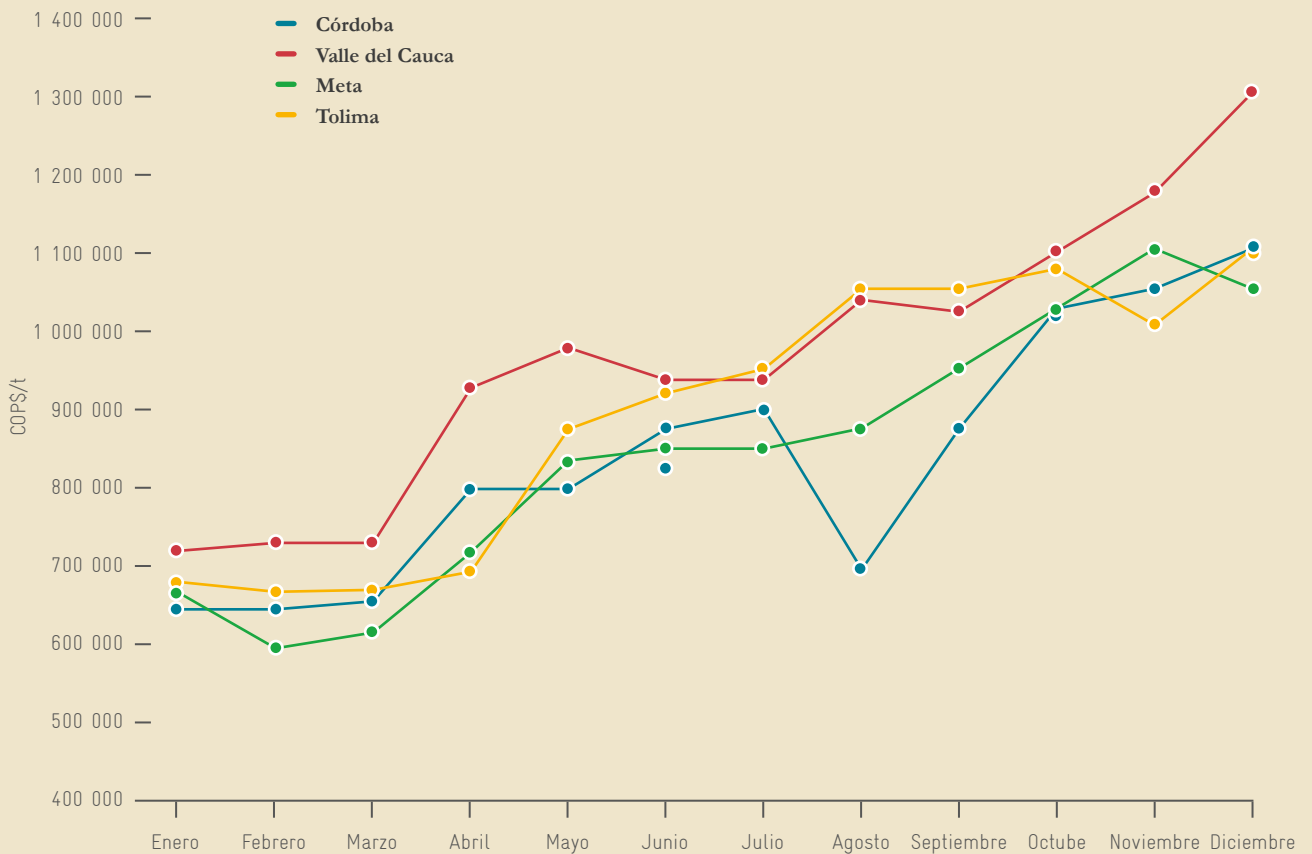
Las principales regiones productoras del país comercializan el grano a través de distribuidores y empresas transformadoras locales y transnacionales. Algunas importan maíz y además trabajan de la mano de proveedores locales (medianos y grandes productores), a través de agricultura por contrato. En este tipo de acuerdo se establecen algunos términos: uso de semillas mejoradas, descuentos por la adquisición de agroinsumos y créditos financieros con tasas bajas para el establecimiento y mantenimiento del cultivo.

A nivel nacional, los precios de comercialización varían por departamento y color (figura 5 y 6),

siendo el maíz blanco el de mayor precio en el 2018. Cabe señalar que los precios del maíz (amarillo y blanco) en el país se establecen de acuerdo con los precios internacionales que se cotizan en la Bolsa de Chicago. Esto debido a la alta participación del maíz importado en el mercado interno. Un mecanismo que permite que las variaciones del precio internacional no se transmitan en su totalidad al precio doméstico es el Sistema Andino de Franja de Precios (SAFP), que brinda mayor estabilidad a los mercados, protegiendo los intereses de los productores de maíz de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) (CAN, 1994).



**Figura 5.** Precio de maíz amarillo en zona de producción o centro de acopio, 2018. Fuente: Departamento Económico y de Apoyo a la Comercialización Fenalce 2019 - LegisComex - Dian



**Figura 6.** Precio de maíz blanco en zona de producción o centro de acopio, 2018. Fuente: Departamento Económico y de Apoyo a la Comercialización Fenalce 2019 - LegisComex - Dian



1.2.4

## IMPORTACIÓN DE GRANO

En los últimos años, las importaciones aumentaron considerablemente. De acuerdo con datos de Fenalce, entre 2008 y 2018, las importaciones de maíz amarillo han aumentado un promedio del 60 %. Para el 2018 el maíz amarillo representó el 95 % (5,1 Mt), mientras que el 5 % restante (0,29 Mt) correspondió al maíz blanco (figura 7). Los países de donde más se importa el grano son Estados Unidos (97,4 %) y Argentina (2,6 %) (Fenalce, 2019).

De acuerdo con la cámara de la Industria de Alimentos Balanceados de la ANDI, la mayor parte del maíz amarillo importado se destina para la fabricación de alimentos balanceados, distribuidos en: avícola (64,3 %); porcícola (15,5 %); bovino (11 %) y comidas para mascotas y especies menores (9,2 %) (Legiscomex, 2016). El blanco, por su parte, se utiliza principalmente en la transformación de subproductos para consumo humano. Se estima que el país demanda aproximadamente 900 000 t/año de maíz blanco, que son suplidas fundamentalmente por la producción interna.

Para el periodo comprendido entre 2014 y 2018, el maíz amarillo importado se distribuyó principal-

mente en Antioquia con 8 Mt, seguido por el Valle del Cauca (6,16 Mt), Bogotá (4,3 Mt) y Santander (2,58 Mt). Estos departamentos consumen el 94 % del maíz importado (figura 8).

Para el caso de Antioquia, en el año 2018 aproximadamente el 50 % del total del maíz amarillo importado provino del puerto de Buenaventura, seguido de Cartagena, Santa Marta, Barranquilla y Riohacha (figura 9). Los precios de los fletes varían según la ubicación del puerto. Por ejemplo, el valor hacia Medellín desde Buenaventura es de aproximadamente COP 105 000/t; desde Cartagena es de COP 114 887/t; desde Santa Marta es de COP 131 083/t, y desde Barranquilla de COP 117,405/t (Mintransporte, 2018).

Respecto al maíz blanco importado total en el periodo 2014-2018, el 50 % se distribuyó en Bogotá, seguido por Antioquia (17 %), Atlántico (13 %) y Santander (10 %) (figura 10). El principal puerto de llegada en el año 2018 fue Barranquilla, seguido de Buenaventura, Cartagena y Santa Marta (figura 11).



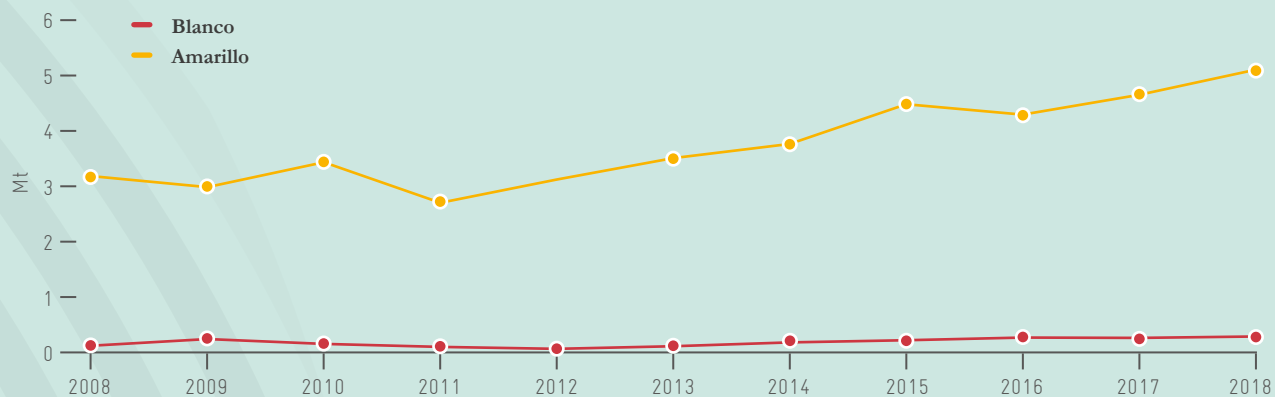


Figura 7. Dinámica de las importaciones de maíz amarillo y blanco. Fuente: Fenalce. Índice Cerealista. Informe 2018.

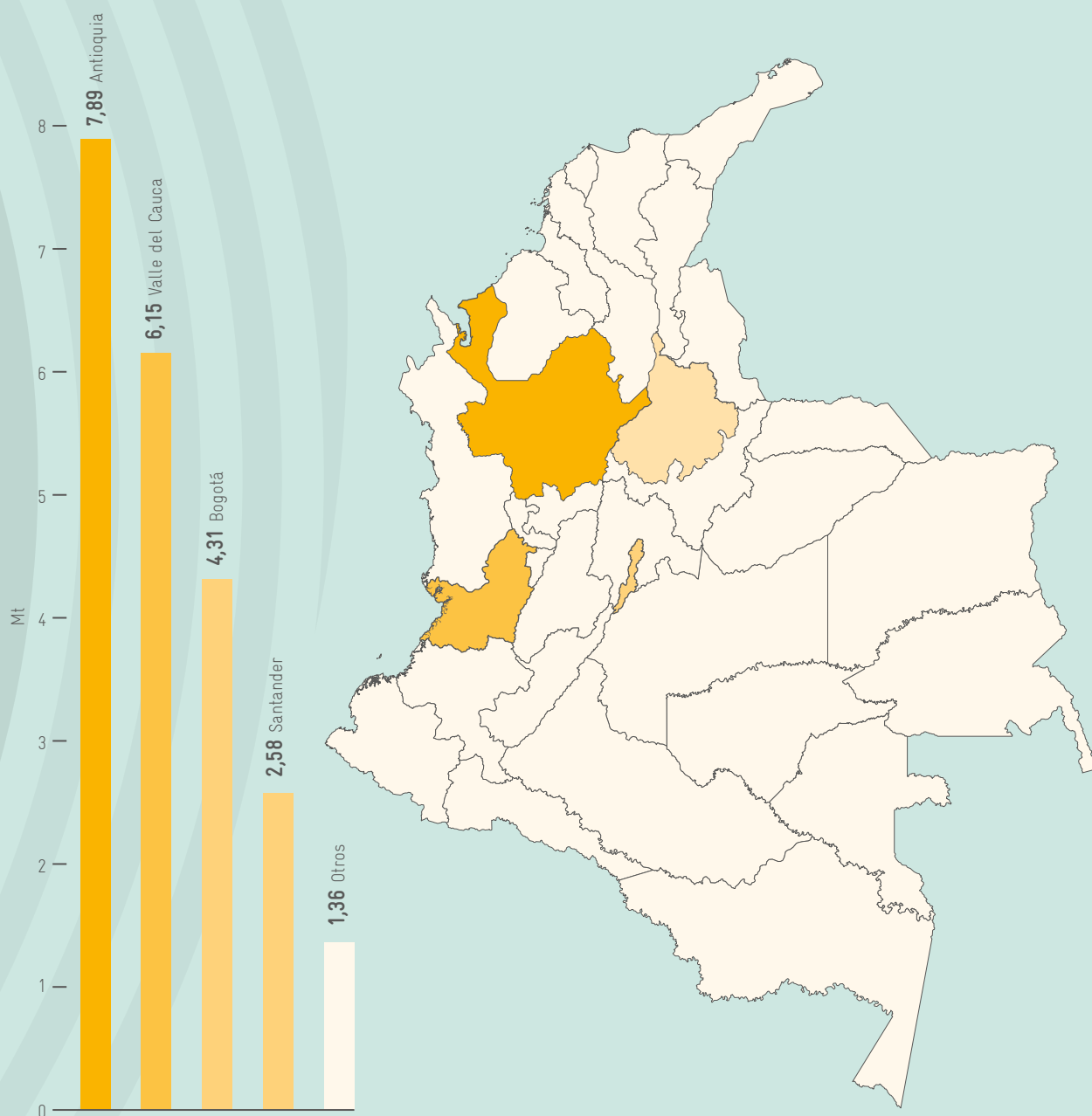
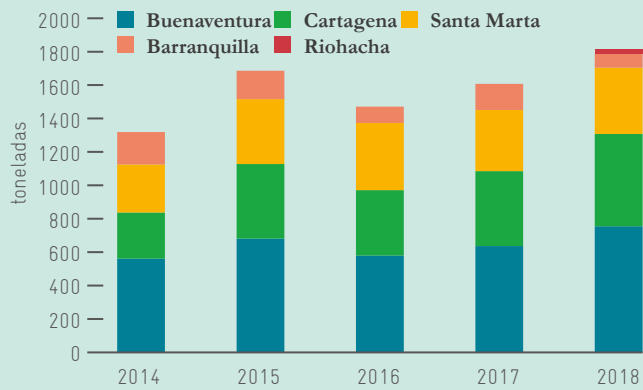


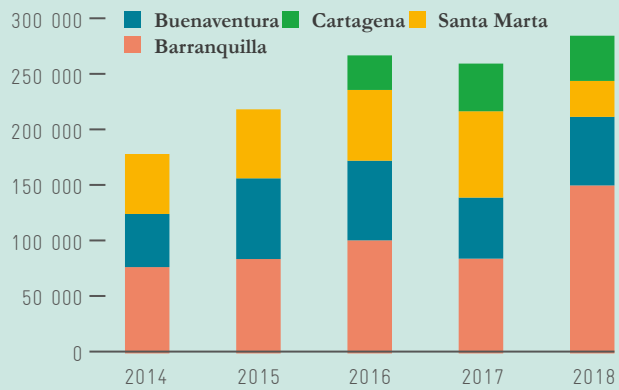
Figura 8. Importaciones de maíz amarillo por departamento (2014-2018). Fuente: Estrategia nacional de inocuidad para maíz en Colombia - Fenalce, 2019



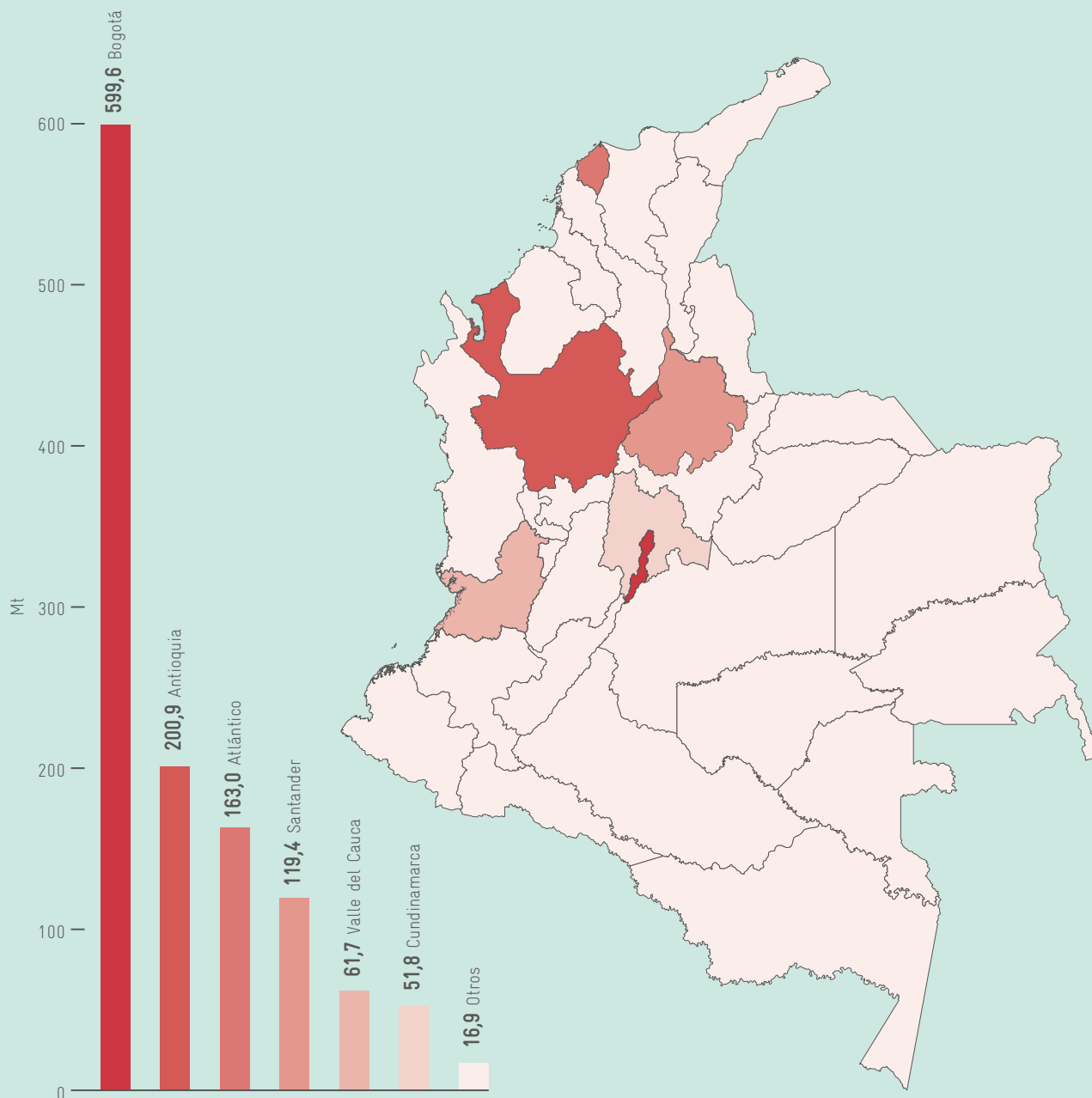
| ● Importación de grano ● ●



**Figura 9.** Importaciones maíz amarillo a Antioquia por puerto de llegada (2014-2018). Fuente: Departamento Económico y de Apoyo a la Comercialización Fenalce 2019 - LegisComex - Dian.



**Figura 11.** Importaciones nacionales de maíz blanco por puerto de llegada (t) 2014-2018. Fuente: Departamento Económico y de Apoyo a la Comercialización Fenalce 2019 - LegisComex - Dian.



**Figura 10.** Importaciones de maíz blanco por departamento (2014-2018). Fuente: Estrategia nacional de inocuidad para maíz en Colombia - Fenalce, 2019.



1.2.5

# PROCESAMIENTO DEL MAÍZ

El maíz posee múltiples alternativas de agregación de valor dependiendo de la composición del endospermo (principal componente del grano 85 % en peso) que varía según el tipo de maíz (principalmente blanco o amarillo) (León & Rosell, 2007) (figura 12). Según (Watson, 1991) existen cinco clases generales de maíz basadas en las características del grano (tabla 4):

En el mundo se conocen más de 1000 productos derivados total o parcialmente del maíz. Estos productos incluyen tortillas, arepas, harinas, cereales para el desayuno, espesantes, pastas, jarabes, endulzantes, jarabes, whisky y cerveza. En Colombia, el uso de maíz blanco está destinado en un gran porcentaje al consumo humano, y sus principales usos son la trilla (57 %) y las harinas precocidas (37 %). En el último caso, se usa en la elaboración de arepas, empanadas, tamales y envueltos (Fenalce, 2007).

Los principales departamentos productores de maíz blanco en el año 2018 (tecnificado y tradicional) fueron Tolima (99 641 t), Córdoba (78 491t), Valle del Cauca (77 835 t) y Meta (41 000 t). En algunas de estas zonas productoras es posible encontrar empresas transformadoras de harinas precocidas

de maíz. Cada una de ellas posee especificaciones para la compra del grano, tales como requisitos fisicoquímicos (contenido de humedad 13 %, aflatoxinas y límites máximos de residuos de plaguicidas), requisitos físicos (impurezas y granos infestados), requisitos sensoriales y condiciones de transporte y almacenamiento. Algunas de estas empresas prestan el servicio del beneficio del maíz (limpia, secado y almacenamiento) al productor.

Para el proceso de molienda existen tres métodos: semihúmedo, húmedo y seco, además de llevarse a cabo tres procesos previos a la molienda: limpieza, desgerminación y precocción. La desgerminación consiste en separar completamente el pericarpio, el germen y el endosperma del grano para la producción del endosperma córneo y obtener un producto bajo en grasa y fibra.

En Colombia se identifican 12 empresas procesadoras de maíz blanco. Estas procesan alrededor de 250 000 toneladas al año para la producción de masas precocidas y arepas (SIC, 2010). En la tabla 5 se presentan algunas empresas harineras con sus marcas de harinas presentes en el mercado nacional.



#### Maíz dentado

Su textura es blanda, posee alto contenido de almidón y contenido proteico bajo. Es el maíz de mayor importancia comercial y el tipo preferido para ser procesado por molienda húmeda y también para alimentación animal.



#### Maíz Flint (duro)

Posee mayor resistencia mecánica durante el transporte y ensilado. Contiene mayor contenido de aceite y carotenoides que los híbridos dentados blancos. Además, es el ideal para ser procesado por la molienda seca para la obtención de harinas.



#### Maíz palomero

Este tipo de maíz posee granos pequeños, su endospermo córneo es muy duro. Cuando el grano es sometido a temperaturas altas, la humedad atrapada en la parte harinosa del endospermo se expande y revienta, creando las palomitas de maíz.



#### Maíz harinoso

El endospermo es casi exclusivamente harinoso. Es altamente susceptible a la pudrición y al ataque de gusanos e insectos, tanto en el campo como en el almacenamiento, debido a su estructura blanda. Se emplea ampliamente para consumo humano.



#### Maíz dulce

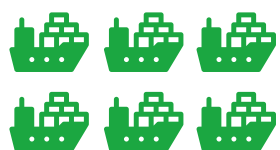
Contiene un endospermo constituido principalmente de azúcar, con bajo contenido en almidón.

#### Endospermo

- Duro
- Suave
- ▣ Azucarado
- ◡ Germen

Figura 12. Distribución del endospermo en cinco tipos de granos de maíz. Fuente: Dickerson, 2003.  
 Tabla 4. Tipos y características estructurales del maíz. Fuente: elaboración propia a partir de (León & Rosell, 2007).

Por otra parte, otro sector importante en la transformación del maíz es la industria de alimentos balanceados, encargada de convertir materias primas como el maíz amarillo (la mayoría importado) en alimento para especies mayores y menores (figura 13). Cabe señalar que la gran mayoría del grano importado ingresa en buques graneleros por el puerto de Buenaventura. Este posee silos verticales y horizontales con capacidades estáticas de 338 200 t, distribuidos en las tres terminales (Sociedad Portuaria De Buenaventura, Compas Buenaventura y Almagrario Buenaventura) (Martínez, 2017).



Buenaventura posee silos con capacidades estáticas de **338 200 t**



En Colombia se identifican **12 empresas** que procesan **250 000 t** de maíz blanco

Para la producción de alimentos balanceados, se realiza una mezcla básica con fuentes de energía (cereales forrajeros), y un porcentaje de proteína (oleaginosas). A dicha mezcla básica se le agregan también medicinas, vitaminas, minerales y colorantes (micromezcla) con una mezcladora tipo concreto (LegisComex, 2016).

Finalmente, el maíz es usado para ensilaje y como materia prima para la producción de biocombustibles obtenido por la fermentación de los azúcares del maíz. Particularmente, Estados Unidos destina la tercera parte de la producción de maíz amarillo para este propósito (Fenalce, 2011).

**Un sector importante en la transformación del maíz es la industria de alimentos balanceados, encargada de convertir materias primas como el maíz amarillo en alimento para especies mayores y menores**

Harineras	Marcas harinas de maíz precocida	Ubicación de la planta
Harinera del Valle S A	Doña Arepa	Palmira y Cali (Valle del Cauca)
Alimentos Polar COL S A S	P.A.N. y Promasa	Facatativá (Cundinamarca)
Precocidos del Oriente S A	Arepasan	Soledad (Atlántico)
Rafael del Castillo y CIA S A - Molino 3 Castillos	Campesina - Arepas Candor - Vitalbran	Barranquilla (Atlántico)
Molinos del Atlántico S A S	Arepa La Nieve - Masapan La Nieve	Barranquilla (Atlántico)
Organización Solarte y Cia. S.C.A.	Super Arepa	Bogotá
Soberana S A S	Arepa repa	Cereté (Córdoba)

**Tabla 5.** Principales empresas harineras en Colombia. Fuente: elaboración propia basada en información de sitios web de empresas harineras.

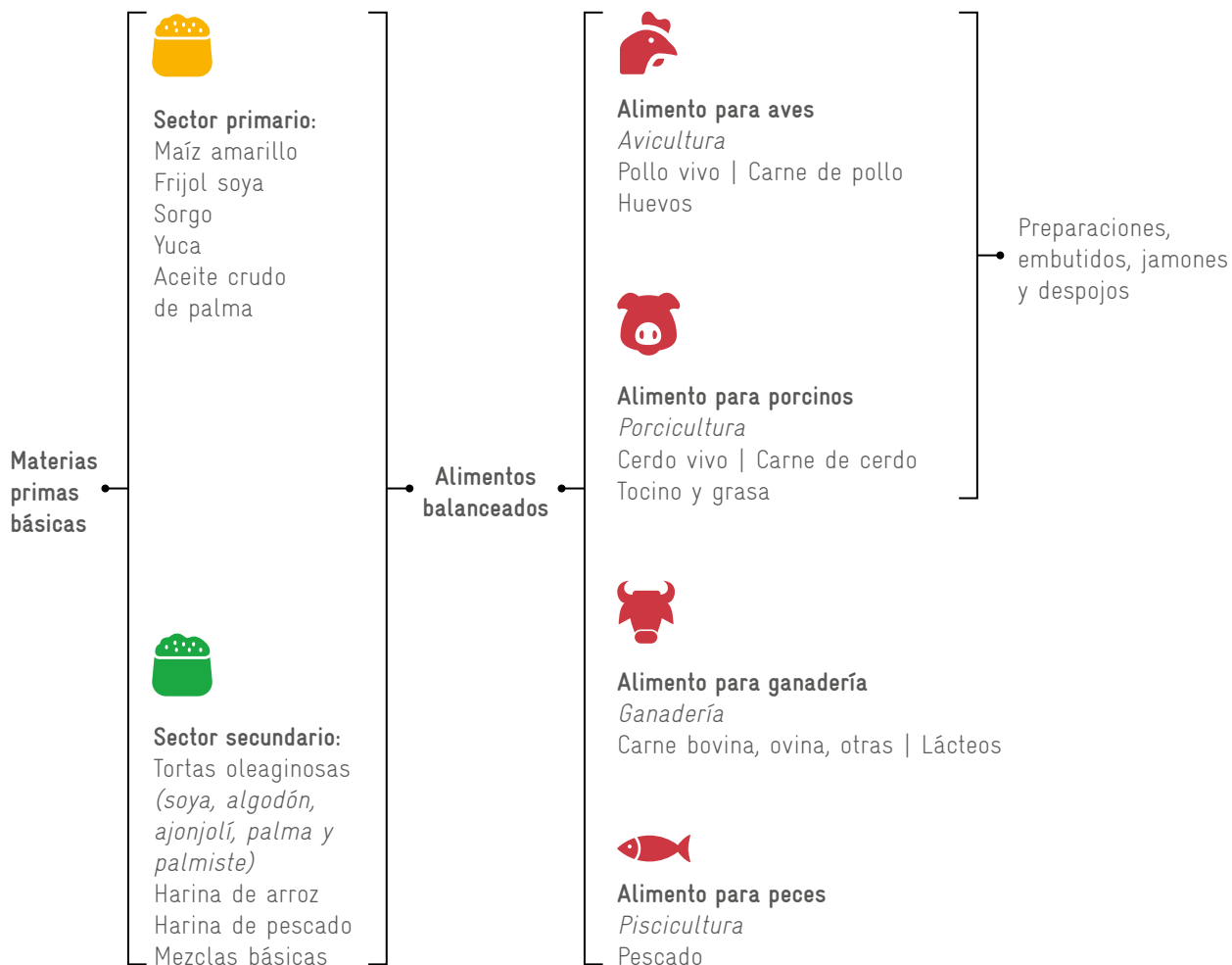


Figura 13. Flujo del sector de alimentos balanceados. Fuente: Ministerio de Agricultura de Desarrollo Rural.





## 1.2.6

# CONSUMO NACIONAL DE MAÍZ

Según Fenalce, entre el 2007 y 2018 se presentó un incremento en la demanda del 25% en ambos tipos de maíz (figura 14). Un factor relacionado a este incremento es el consumo de productos de origen animal, por ejemplo, el consumo per cápita de pollo en Colombia pasó de 2 kg a 27 kg en los últimos 50 años. Igualmente, el consumo de huevos ha incrementado en cuatro veces su volumen (CIMMYT & CIAT, 2019). Esta es una tendencia relacionada principalmente con el crecimiento demográfico, la urbanización y el aumento de los ingresos en los países en desarrollo (FAO, 2019).

De acuerdo con la Cámara de la Industria de Alimentos Balanceados de la ANDI, la mayoría del maíz amarillo importado se destina a la fabricación de alimentos balanceados para animales, y se distribuye en seis grandes sectores: aves, con el 64,3 %; porcinos, con el 15,5 %; vacunos, con el 11 %, y comidas para perros, gatos, peces, equinos, conejos y preparaciones especiales, con el 9,2 % restante.

En el año 2014, la industria de alimentos balanceados alcanzó una utilidad neta de COP 126 084 millones. Las principales empresas en el mercado nacional por los ingresos operacionales fueron: Productora de Alimentos Concentrados para Animales Cointegral S.A. (COP 41 824 millones), Alimentos Finca S.A.S (COP 13 192 millones), Alimentos Balanceador Tequendama S.A. (COP 8842 millones), Solla S.A. (COP 8842 millones), Itacol de Occidente S.A. (COP 7865 millones) y Carbone Rodríguez y CIA S.C.A.

(COP 2272 millones) (LegisComex, 2016). En la figura 15 se presentan las principales empresas productoras de alimentos balanceados en el año 2019.

Además de comercializar internamente, las anteriores empresas exportan premezclas para alimentación animal, alimentos para perros o gatos, salvados y tortas. Los principales destinos de estas exportaciones son Ecuador, Perú, Chile, Panamá y Venezuela. Finalmente, se observa que este mercado lo conforman un pequeño grupo de empresas, las cuales generan importantes recursos para el país, y además generan empleo y desarrollo en el sector rural. Sin embargo, la deficiencia en la infraestructura del país se ha convertido en uno de los principales retos a superar por parte de la industria (LegisComex, 2016).

Por otro lado, un alimento de alto consumo en Colombia es la arepa producida de maíz puro o harina precocida principalmente de maíz blanco. Según un estudio realizado en el año 2016 por Nielsen sobre los hábitos de desayuno de los hogares colombianos, se indicó que el 73 % de los colombianos incluye una arepa en su desayuno. En los últimos 10 años, el valor del gasto en arepas listas para consumir se duplicó, en el año 2009 fue de COP 262 432 millones, y actualmente es de COP 505 000 millones. Este incremento se debe en parte a la inmigración venezolana en el país, los cuales en promedio consumen 40 veces más arepa de maíz al año que un colombiano (El Tiempo, 2019).

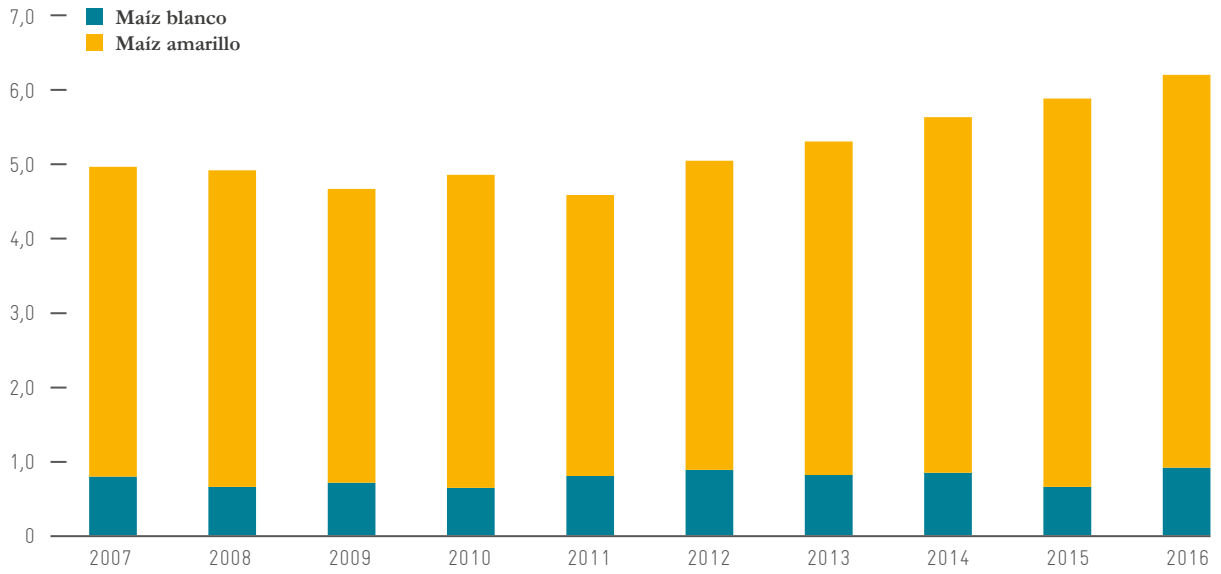


Figura 14. Demanda de maíz amarillo y blanco entre 2007 y 2016.

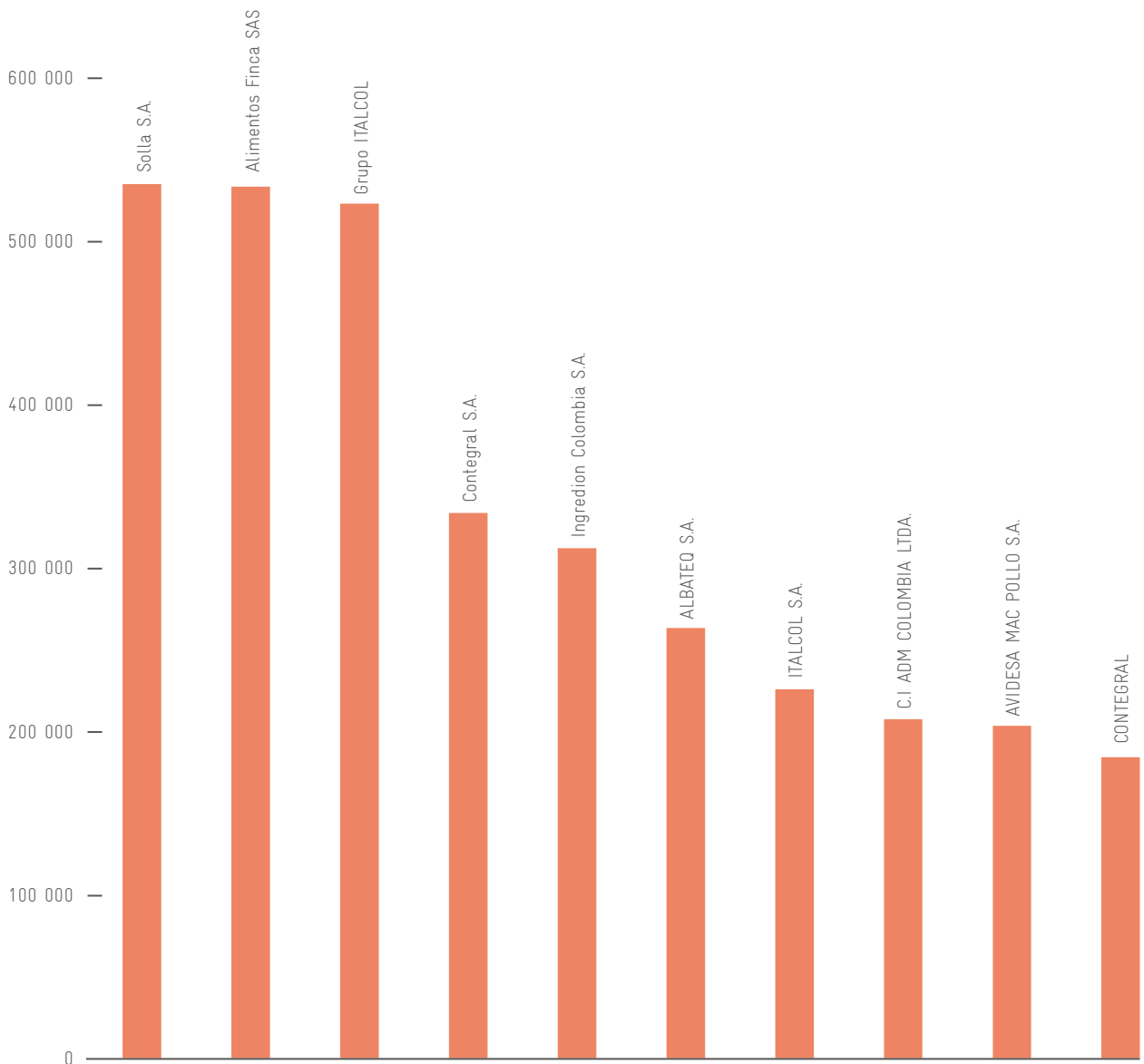


Figura 15. Producción de alimentos balanceados (t) 2019. Fuente: Cámara de la Industria de Alimentos Balanceados ANDI, 2019.

## 1.2.6

# ACTORES MESO Y MACRO

Entre los organismos de apoyo como primera instancia se resalta a Fenalce, soporte gremial de la cadena de valor de maíz en Colombia. Esta organización tiene como objetivo fomentar la producción y consumo de cereales y leguminosas de grano en el país, con el apoyo de organismos públicos y privados, nacionales y extranjeros. En el 2018, Fenalce contó con un presupuesto proveniente principalmente del recaudo parafiscal, con un valor de COP 1093 millones, que se destinan principalmente a servicios de asistencia técnica, desarrollo y transferencia tecnológica y representación gremial.

Otras instituciones que brindan soporte tecnológico y de capacitación son el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), que ofrece asesorías y capacitaciones en temas técnicos, administrativos y organizacionales a los maiceros; por otra parte, se encuentra el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), máxima autoridad sanitaria y de inocuidad agroalimentaria del país, cuyo objetivo es la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para las especies animales y vegetales, la investigación aplicada y la administración. Finalmente, está la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), entidad pública descentralizada de participación mixta, sin ánimo de lucro, de carácter científico y técnico, que tiene como objeto desarrollar y ejecutar actividades de investigación y desarrollo tecnológico para el sector agropecuario.

La cadena reconoce además otros actores claves como la Alianza CIAT - Bioversity, organización no gubernamental de investigación sin fines de lucro que tiene como principio fundamental incrementar la prosperidad y mejorar la nutrición humana en los trópicos con soluciones científicas en agricultura y medio ambiente. Este centro de investigación ha participado de la mano de

Fenalce en múltiples iniciativas de investigación, como por ejemplo el proyecto denominado "Análisis integral de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático", diseñado para evaluar y desarrollar estrategias en los cultivos de maíz y fríjol, ejecutando actividades en las regionales de Huila, Santander, Tolima, Antioquia, Valle del Cauca, Zona Cafetera, Cundinamarca y Córdoba.

Recientemente, el CIAT fue una de las instituciones que colaboró en la elaboración del plan estratégico (Maíz para Colombia Visión 2030), liderado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), organización de investigación y capacitación sin fines de lucro, cuyo enfoque sistémico ofrece ciencia para un futuro con seguridad alimentaria. Entre sus principales logros se tiene mejorar nuevas variedades de maíz e híbridos para reemplazar los viejos; desarrollar maíz y trigo biofortificados y más nutritivos; aplicar técnicas modernas de biotecnología, y aumentar el desarrollo de capacidades.

Finalmente, se encuentran las entidades que hacen parte del nivel macro. En primer lugar, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura), encargado de formular, coordinar y evaluar las políticas que promuevan el desarrollo competitivo, equitativo y sostenible del sector y los Ministerios de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), y de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). Minagricultura ha liderado varios programas relacionados con el sector, como el Plan País Maíz desarrollado en el año 2010. Los principales objetivos del proyecto fueron aumentar la oferta nacional de maíz amarillo tecnificado de una forma competitiva y sostenible; disminuir las necesidades de importación de la industria avícola, porcícola y de alimentos balanceados, y fortalecer el sector de maíz amarillo tecnificado nacional.









# PRINCIPALES CUELLOS DE BOTELLA DE LA CADENA DE MAÍZ





2

De acuerdo con la revisión de información secundaria y entrevistas con actores de la cadena, a continuación se enlistan los principales cuellos de botella identificados (para una descripción más detallada se sugiere consultar Cadena productiva del maíz (SIC, 2010) y el Acuerdo nacional de Competitividad para la cadena de maíz, sorgo, yuca, soya, alimentos balanceados, avicultura y porcicultura, 2000):



Tabla 6. Cuellos de botella en la cadena de valor nacional del maíz.



- ! Baja transferencia de tecnologías.
- ! Red vial secundaria y terciaria en mal estado.
- ! Volatilidad de precios.
- ! Altos precios de combustible y transporte que inciden en los costos de producción y comercialización.
- ! Problemática en legalización y uso del territorio.

- ! Necesidad de fortalecer procesos asociativos.
- ! Falta de visión empresarial y formalidad en el sector maicero.
- ! No hay garantía en el precio y la compra de las cosechas del maíz nacional.
- ! Falta de trazabilidad de la calidad del grano nacional.



Procesamiento

- ! Escasa innovación en subproductos del maíz.

- ! Los alimentos importados con maíz y materias primas entran al país sin etiquetado que indiquen que contiene o son OGM (organismos genéticamente modificados).
- ! Entrada de maíces sin mayor control de textura, sanidad y pureza, ocasionan un riesgo inminente para la fitosanidad de la producción nacional de maíz y el consumo humano (micotoxinas)



Mercado



- ! Falta de alcance en extensión y capacitación a productores.
- ! Baja transferencia y adopción de tecnologías.
- ! Altos costos de tasas de interés.





# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CADENA DEL MAÍZ





3





En Colombia, la cadena de valor de maíz y especialmente los productores han experimentado cuellos de botella estructurales los cuales se han venido incrementando a la par del incremento de las importaciones. Fenalce reportó que en los últimos 10 años esta cifra creció en promedio 60 %, posicionándonos como el primer país en Suramérica en la importación del grano. Es importante que el Gobierno continúe incentivando la producción nacional de maíz y de esta manera ir hacia la recuperación del autoabastecimiento, el cual según la FAO es de aproximadamente 26%, cifra que se ubica por debajo de lo sugerido (75%) (CIMMYT & CIAT, 2019).

En el 2019 el área sembrada alcanzada fue de 395.919 ha, distribuidas principalmente en los departamentos de Meta, Tolima, Córdoba, Valle del Cauca y Bolívar, mas cabe señalar que Colombia cuenta con área potencial de 19 millones de hectáreas para ampliar la siembra de maíz (UPRA, 2016). En estas zonas productivas se usa principalmente el sistema tecnificado de siembra, que a nivel nacional representa el 75% del área, mientras que el 25% restante corresponde al sistema tradicional (Fenalce, 2019), los cuales presentan una amplia brecha en sus rendimientos con 2.0 t/ha en el sistema tradicional frente a 5,4 t/ha en el sistema tecnificado (CIMMYT & CIAT, 2019).

En los últimos años el gremio, organizaciones de investigación científica y el Estado han centrado esfuerzos en crear estrategias para fortalecer el sector y mejorar las cifras de rendimiento y calidad (p. ej. Plan País Maíz 2011), a través de la evaluación e

identificación de semillas mejoradas que permitan alcanzar la competitividad del sector maicero, la implementación de mejores prácticas de cultivo y el fortalecimiento de los procesos productivos. Sin embargo, estos retos continúan siendo críticos y vigentes, especialmente entre los pequeños y medianos productores en donde el acceso a tecnología para la producción y el uso de semillas mejoradas es escaso. A estas brechas productivas, se suman los cuellos de botella del eslabón de acopio y transformación, relacionados con la falta de infraestructura para secamiento y almacenamiento. Superar esta brecha permitiría mantener una oferta estable para los mercados regionales y nacionales, además de la posibilidad de acceder a precios de comercialización más favorables para el productor, teniendo en cuenta el comportamiento del mercado.

Los precios en el mercado nacional también representan una dificultad para los productores y comercializadores, especialmente considerando que Colombia tiene uno de los costos de producción más altos de Latinoamérica (CIMMYT & CIAT, 2019). Los precios en el mercado nacional se definen de acuerdo a los precios internacionales cotizados en la Bolsa de Chicago, compitiendo directamente con el maíz importado, principalmente de Estados Unidos. Aunque se reconozca la importancia del libre mercado para mejorar el bienestar de la población nacional, es necesario resaltar varios factores que enfatizan la necesidad de repensar la forma en que se orienta el sector: 1) además de su alta productividad, la producción de maíz de Estados Unidos cuenta con importantes subsidios que disminuyen

## Colombia cuenta con un área potencial de 19 millones de hectáreas para ampliar la siembra de maíz (UPRA, 2016).

la competitividad del producto local; 2) en el país existe un déficit de 4,6 Mt, el cual se espera alcance las 5,9 Mt de no cambiar las estrategias actuales (CIMMYT & CIAT, 2019); 3) el maíz es un cultivo clave para la seguridad y soberanía alimentaria del país, no obstante, cada vez la meta de autosuficiencia es más lejana, y 4) las fluctuaciones de precios relacionadas con el mercado internacional incrementan sustancialmente los riesgos a los productores al afectar su capacidad de planeación y rentabilidades esperada.

Las brechas mencionadas han sido recogidas en el documento Maíz para Colombia 2030, el plan estratégico para el sector maicero desarrollado por el CIAT y CIMMYT, que tiene como propósito facilitar la toma de decisiones y ayudar a orientar la planeación estratégica de la cadena. Para cerrar las brechas de la cadena y realizar un redireccionamiento encaminado a incrementar la productividad, sostenibilidad y la rentabilidad de la producción de maíz, a la vez de mejorar la seguridad alimentaria nacional, se proponen cinco motores de cambio, los cuales enfatizamos en este documento:

- Acceso a semilla mejorada, aspecto determinante en el incremento de la productividad del cultivo.
- Seguridad nutricional donde se propone la producción y el consumo de maíz biofortificado para combatir los retos de desnutrición por deficiencia de micronutrientes en algunas poblaciones vulnerables. Se tiene en cuenta

que hace parte de la dieta de la gran mayoría de la población colombiana y que además es una materia prima fundamental para la industria avícola y de alimentos de balanceados.

- Agricultura sostenible adaptada al clima, factor fundamental para enfrentar la variabilidad y el cambio climático, complementado con prácticas de agricultura de conservación.
- Redes de acompañamiento a la innovación, este motor sugiere las redes de innovación como modelo de extensionismo para mejorar el desarrollo rural sostenible.
- Vinculación de productores competitivos al mercado, este último motor propone suministrar herramientas que permitan crear una visión empresarial, dado que en la cadena de valor de maíz colombiana existe un bajo nivel de asociatividad. Esto reduce la competitividad del sector e impacta directamente el poder de negociación de los pequeños productores y en su vinculación exitosa con los mercados.

Todo lo anterior, requiere la articulación de los productores, comercializadores, sector público y privado para diseñar políticas, gestionar recursos e implementar las acciones planteadas para cada motor de cambio. Además, es necesario fortalecer el encadenamiento productivo, a través de la reactivación del comité de la cadena, clave para conseguir y guiar la dirección planteada en la visión al 2030.









# 2

---

LA CADENA DE  
VALOR DEL MAÍZ  
ANTE UN CLIMA  
CAMBIANTE









# CONTEXTO DEL CAPÍTULO

La presente sección busca mejorar el conocimiento y entendimiento de la relevancia climática (reducción de emisiones de GEI, potencial de adaptación y gestión del riesgo), desde un punto de vista de cadenas de valor agrícolas y pecuarias con nexos urbano-rurales. El objetivo original de estos estudios fue recoger la información existente para cinco cadenas de valor: maíz, cacao, papa y ganadería bovina tanto para carne como leche con el fin de tener información que permitiera definir cuáles cadenas tenían mayor potencial de impacto en aspectos tanto técnicos, como de gobernanza y también socio económicos. El resultado de esta información permitió establecer una línea base para la cadena de valor de maíz, a partir de diferentes fuentes de información y tipos de análisis que permitieron caracterizar la cadena de valor respecto a su situación frente al cambio climático, de acuerdo con sus particularidades socioeconómicas y geográficas descritas en la sección anterior.

En específico se persigue con la presente sección la consolidación de la información existente relacionada con el nivel de emisiones, el riesgo y el potencial de adaptación y mitigación para los diferentes eslabones de la cadena de valor del maíz. Dicha base de información debe permitir a actores de la cadena conocer los aspectos clave en materia de adaptación, riesgo y mitigación para iniciar avances hacia una cadena de valor del maíz baja en emisiones, adaptada y resiliente al clima.

# MARCO METODOLÓGICO CLIMÁTICO

El enfoque conceptual particular de este análisis se basa en la comprensión de las cadenas agropecuarias como nexos urbano-rurales. En esta medida, las cadenas de valor agropecuarias conectan territorios apartados y rurales con zonas urbanas ligadas estrechamente a los procesos globales. Dicho vínculo, entre zonas urbanas, periurbanas y rurales se manifiesta a través de flujos de personas, recursos naturales, servicios ecosistémicos, capital, conocimiento, energía y materiales, y se le denomina nexo urbano-rural (Gómez, 2016). Este marco es ideal para describir y entender las interconexiones territoriales que tienen los actores y procesos que participan en las cadenas de valor agropecuarias. Usualmente, el marco conceptual es utilizado para describir relaciones más generales entre territorios, sin embargo, en este caso en particular puede guiar la forma en cómo se relacionan espacialmente los diferentes eslabones de las cadenas de valor y las diferentes interrelaciones entre los mismos.

Las relaciones entre las zonas rurales y urbanas pueden ser sinérgicas o pueden catalizar fenómenos negativos. Cuando la relación es complementaria, las zonas urbanas obtienen de las zonas rurales flujos de materia prima, mano de obra, energía y servicios ambientales. Dichos flujos pueden ser adyacentes o viajar grandes distancias (Gómez, 2016). A su vez, las zonas rurales pueden obtener de las zonas urbanas una diversidad de servicios especializados, recursos financieros, tecnología, conexión cultural entre otros (Berdegué *et al.*, 2015). Sin embargo, la relación también puede ser negativa. Las zonas urbanas pueden afectar el bienestar de las zonas rurales a través de extracción insostenible de recursos, traslado de recursos degradados o sesgo en la inversión pública. Por otro lado, las zonas rurales pueden afectar las

urbanas mediante degradación ambiental o interrupciones de la oferta de materiales y energía (Berdegué *et al.*, 2015).

Este enfoque analítico permite rastrear y evaluar las conexiones entre lo urbano y lo rural, por consiguiente, es ideal para cadenas de valor agropecuarias que conectan lugares específicos de maneras específicas. Los nexos urbano-rurales son por definición un enfoque más amplio que un análisis de cadena de valor específica e involucran diferentes problemas ambientales más allá de la perspectiva de cambio climático. Sin embargo, a partir de los resultados encontrados para cada eslabón frente riesgos, medidas adaptación, niveles de emisiones GEI y medidas de mitigación, se sintetizó para cada cadena de valor el nexo urbano-rural de manera conceptual.

Cada una de las cinco cadenas de valor fueron evaluadas para determinar los niveles de emisiones, riesgos y potenciales de adaptación y mitigación en cada eslabón. Debido a que no existen valores numéricos para todas las fases de todas las cadenas se optó por una evaluación cualitativa basada en agrupación de criterios binarios. Cada elemento a evaluar (nivel de riesgo, nivel de emisiones, potencial de adaptación y potencial de mitigación) fue desagregado en criterios que se pudieron evaluar binariamente. Cada elemento incorporó cinco criterios y cada criterio puede tomar el valor de sí o no, de ser afirmativo dicho criterio tiene un valor de 1. Por ende, cada elemento evaluado puede tener valores de 0 a 5, siendo 0 muy bajo y 5 muy alto. Estas evaluaciones finales son presentadas en los subcapítulos de discusión y conclusiones. A continuación, se desarrollan los criterios para cada uno de los cuatro elementos evaluados.





El nivel de riesgo climático es evaluado de acuerdo con los cinco criterios enunciados a continuación:

1. Se prevén impactos intensos del clima en el eslabón<sup>1</sup>.
2. Se prevén impactos extensos del clima en el eslabón.<sup>2</sup>
3. El eslabón tiene una alta importancia económica.
4. El eslabón es un importante generador de empleos.
5. Se prevén riesgos transicionales relevantes en el eslabón.



El nivel de emisiones de gases de efecto invernadero es evaluado de acuerdo a los cinco criterios enunciados a continuación:

1. Los niveles de emisiones son significativos a nivel nacional.<sup>3</sup>
2. Los niveles de emisiones son significativos a nivel sectorial.<sup>4</sup>
3. Los niveles de emisiones son significativos dentro de la cadena de valor.<sup>5</sup>
4. Las emisiones se presentan de forma desconcentrada geográficamente<sup>6</sup>.
5. Las emisiones son provenientes de actividades fundamentales para el eslabón<sup>7</sup>.

- 
- 1 De acuerdo con los estudios sobre el tema, los efectos del cambio climático en la actividad son críticos y pueden impedir el desarrollo de la misma.
  - 2 De acuerdo con los estudios sobre el tema, los efectos del cambio climático en la actividad son generalizados en la geografía de la actividad y/o la geografía nacional.
  - 3 Se asume como significativo si representa más del 1 % de las emisiones del país si existen datos.
  - 4 Se asume como significativo si representa más del 10 % de las emisiones del sector IPCC si existen datos.
  - 5 Se asume como significativo si representa más del 35 % de las emisiones de la cadena de valor si existen datos.
  - 6 Se asume como concentrado cuando el 90 % de las emisiones se concentran en menos de 4 departamentos.
  - 7 Las actividades son difícilmente reemplazables.





El potencial de adaptación del eslabón es evaluado de acuerdo con los cinco criterios enunciados a continuación.

1. Existen estudios puntuales que valoren el riesgo climático del eslabón.
2. Se han desarrollado medidas de adaptación a través de investigación y participación de las comunidades.
3. Se considera que las medidas desarrolladas pueden disminuir sustancialmente los niveles de riesgo.
4. Existe la posibilidad de generar medidas de adaptación puntuales para el eslabón.
5. Se considera que las instituciones tienen interés en generar medidas de adaptación puntuales para el eslabón.



El potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero del eslabón es evaluado de acuerdo con los cinco criterios enunciados a continuación.

1. Existen medidas de mitigación desarrolladas para las actividades que generan emisiones dentro del eslabón.
2. Se considera que las medidas desarrolladas tienen el potencial de disminuir significativamente las emisiones del eslabón.
3. La tendencia de las emisiones es creciente.
4. Los instrumentos de política de desarrollo bajo en carbono del país incluyen medidas que disminuirían las emisiones en el eslabón.
5. Las medidas de mitigación existentes generan co-beneficios importantes.

Estos criterios se desarrollaron debido a que a nivel general se cuenta con suficiente información para resolverlos de forma afirmativa o negativa. A su vez, esto permite realizar comparaciones entre las cadenas de valor y los eslabones, a pesar de existir diferencias sustanciales en el estado de la información y desarrollo de los temas en cada eslabón. Posterior a esta evaluación se agregará también en una tabla estos cuatro criterios para todas las cadenas de valor analizadas. Dichas características serán complementadas con otros elementos que pueden ayudar en el análisis y así permitir una visión comparativa de la cadena de valor (los criterios son expuestos en el Anexo 1):

#### 1. Técnicos:

- Potencial de reducción de emisiones.
- Potencial de adaptación y reducción del riesgo al cambio climático.
- Experiencia de la cadena de valor en la recolección.

#### 2. Gobernanza y gobernabilidad:

- Nivel de consolidación de la cadena de valor.
- Voluntad/interés político de las instituciones relacionadas con la implementación de acciones de cambio climático.
- Voluntad de los gremios y sector privado por implementar acciones de cambio climático.
- Complementariedad y/o posibilidad de alianzas con otros programas o estrategias presentes en el país.
- Articulación con PIGCCT y otras estrategias regionales (Instrumentos de Planificación).

#### 3. Socioeconómicos:

- Relevancia económica para el país.
- Población vulnerable vinculada con la cadena de valor.
- Generación de empleo.
- Fortaleza del nexo urbano rural.









# EL MAÍZ Y SU NEXO RURAL-URBANO





# 1



La producción del maíz se realiza en zonas rurales con diferentes agroecosistemas. Es un cultivo geográficamente desconcentrado y con una amplia difusión en el territorio nacional. Los principales centros de producción son el caribe húmedo (Córdoba y Sucre), los valles interandinos (Tolima y Valle del Cauca) y las llanuras orientales (Meta). Sin embargo, hay cultivos marginales de maíz por todo el país, debido a su relevancia cultural e importancia para la seguridad alimentaria. En dichos lugares las condiciones del suelo y la atmósfera se transforman en biomasa que está disponible para el consumo en forma de mazorcas. El ciclo de producción de biomasa es corto como muchos otros cereales, permitiendo al menos dos cosechas al año.

Existen cultivos muy marginales con poco manejo, que no requieren insumos provenientes de lugares lejanos. Sin embargo, el grueso de la producción se realiza de forma tecnificada. Dicho sistema de producción requiere insumos como gasolina, fertilizantes y agroquímicos para el manejo fitosanitario. Estos vienen de centros industriales tanto nacionales como internacionales y usualmente son adquiridos en los centros poblados cercanos a la zona productora. Las emisiones generadas por el uso de estos insumos ocurren en las unidades productoras

y fluyen hacia la atmósfera. Son la fuente más relevante de emisiones en la fase de producción. También se generan emisiones por el traslado de estos insumos hacia las unidades productoras en automóviles que utilizan combustibles fósiles. Las actividades propias del levantamiento del cultivo consumen tanto agua como nutrientes del suelo. En su mayoría los cultivos tecnificados tienen sistemas de riego que requieren ser instalados por servicios técnicos provenientes de centros poblados.

El cultivo se cosecha cada semestre. En el caso de los cultivos tecnificados se realiza mecánicamente, permitiendo el desgrane en la unidad productora. En otros casos, el cultivo se cosecha a mano y el proceso de desgrane se realiza también a mano. En los casos de las pequeñas unidades productoras una parte de la producción se consume en casa produciendo harina de forma artesanal a través del proceso de molienda. En el caso de los procesos tecnificados el maíz trillado se ofrece al mercado. En el proceso de cosecha y trilla se generan diferentes desechos orgánicos los cuales usualmente se quedan sobre el campo cultivado de muchas maneras, generando reincorporaciones al suelo y emisiones dependiendo del tipo de suelo y el tipo de manejo de los desechos. La cosecha es acopiada a través de la acción de diferentes agentes

## El maíz es un cultivo geográficamente desconcentrado y con una amplia difusión en el territorio nacional. Los principales centros de producción son el caribe húmedo (Córdoba y Sucre), los valles interandinos (Tolima y Valle del Cauca) y las llanuras orientales (Meta).

comerciales. Lo anterior permite que se centralice la producción de la cosecha que es ocurrida de forma dispersa a través del transporte del grano. El transporte se realiza a través de automóviles y combustible proveniente de centros industriales internacionales y nacionales.

El maíz es acopiado en forma de grano el cual es enviado desde los centros de acopio a centros de transformación ubicados en las regiones con altos niveles de consumo y/o producción como Tolima, Valle del Cauca, Córdoba, Cundinamarca, Meta, entre otros. Un gran porcentaje del maíz que es transformado es importado. Más del 60 % del maíz importado llega a través de los puertos en la costa norte. Toda la logística del transporte genera emisiones asociadas y permite que la cosecha producida en zonas rurales se centralice cerca a centros poblados con capacidad industrial. En dichos centros industriales se realiza la molienda y mezcla del maíz amarillo para realizar alimentos para animales, mientras el maíz blanco es procesado en molinos y en algunos casos precocido para producir una diversidad de productos alimentaciones para el humano como lo son la harina y las arepas. En Colombia no se producen cantidades relevantes de otros derivados industriales del maíz como el etanol y almidones para uso indus-

trial. Todos estos procesos usan agua, combustibles y electricidad en contextos de alto nivel de tecnificación y conocimiento.

Los productos de los procesos de transformación son posteriormente transportados a los diferentes puntos de consumo, los cuales están por todo el país. Los alimentos para animales en especial vuelven después de ser transformados en centros urbanos a servir como insumo de actividades rurales como es la cría de animales. Los alimentos para humanos son consumidos a lo largo y ancho del territorio nacional con especial énfasis en los grandes centros urbanos, donde el consumo es mayor debido a las grandes poblaciones. Si bien el mayor porcentaje de consumo ocurre en los centros urbanos, a las zonas rurales llegan estos productos terminados para el consumo de los habitantes. El consumo genera desechos tanto asociados a la digestión humana, como empaques de diferentes materiales como plástico y papel. En general se considera que el nexa urbano-rural del maíz es alto, la producción primaria rural es muy dependiente de insumos industriales como lo son los fertilizantes sintéticos y la gasolina, el maíz hace parte fundamental de la dieta urbana colombiana. Este criterio se evalúa y sintetiza en el Anexo 1 en conjunto con otros criterios.





# EL MAÍZ ANTE UN CLIMA CAMBIANTE





# 2

- 2.1 RIESGO Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
- 2.2 EMISIONES Y MITIGACIÓN EN LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ
- 2.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS SOBRE EMISIONES Y RIESGOS
- 2.4 EVALUACIÓN CUALITATIVA PARA LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ

## 2.1

# RIESGO Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

## RIESGO Y ADAPTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DEL MAÍZ

Los análisis de riesgo climático para el cultivo de maíz se han desarrollado examinando la respuesta fisiológica que ocasiona la variación climática y sus implicaciones en el rendimiento y la aptitud geográfica. Este cultivo ha sido estudiado en Colombia por Fenalce, Agrosavia y a nivel internacional por centros de investigación como el CIMMYT<sup>1</sup> y el CIAT, para establecer los impactos más relevantes del clima en la producción primaria del maíz.

En la búsqueda de estudios para establecer una línea base de impactos del cambio climático en este eslabón de la cadena de valor productiva de maíz, se encontraron trabajos que proyectan la respuesta geográfica del maíz ante la variación climática. La mayor parte de estos estudios aplican modelos que incluyen variables climáticas como precipitación y temperatura en conjunto con variables ecológicas y edafológicas. Entre dichos estudios se encuentran PNUMA (2014), Ramírez-Villegas (2012), Eitzinger (2014) y Govartes *et al.* (2019).

Los análisis hechos por PNUMA (2014) para la zona andina de Colombia muestran proyecciones a 2030 y 2050, bajo el escenario A2 para maíz tecnificado y maíz tradicional. Para maíz tecnificado se tomó un rango de aptitud entre los 1200 a 1800 metros sobre nivel del mar y los mayores cambios

de aptitud para el 2050 se pueden apreciar en los Departamentos del Valle del Cauca, Huila, Tolima y Caldas. Se observa una tendencia muy fuerte a pérdidas de aptitud en algunos municipios como Pitalito y Santa María (Huila), Piendamó (Cauca), Rosario (Nariño), Sevilla, Caicedonia, Trujillo y Riofrío (Valle del Cauca) y Rovira (Tolima). Se evidencian cambios positivos para el 2050 con nuevas zonas aptas en los Municipios de La Unión (Sucre), Abejorral y Sonsón (Antioquia), Girón, Bolívar, San Andrés de Cuerquia y Chipatá (Santander).

Por otro lado, en el caso del maíz tradicional los cambios negativos más representativos pueden observarse en los Departamentos de Cundinamarca, Tolima, Cauca y Nariño. En los municipios de Yacopí, La Palma y Topaipí (Cundinamarca), Planadas y Ataco (Tolima) se proyecta un área extensa afectada de manera negativa para el año 2050. En los municipios de Puracé y Totoró en el Departamento del Cauca se presenta un aumento en nuevas zonas aptas para el 2050, de igual manera en el municipio de Cumbal (Nariño) se evidencia un aumento en algunas áreas de la zona oriental (PNUMA, 2014).

Ramírez-Villegas (2012) evaluó los cambios de temperatura y precipitación a nivel nacional y su impacto para 23 cultivos. Utilizó modelos de nicho

1 Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT por sus siglas en inglés). [www.cimmyt.org](http://www.cimmyt.org)



ecológico para estudiar la respuesta geográfica de los cultivos para el escenario de cambio climático A2 a 2050. Este estudio incluyó dentro de sus cultivos el maíz. Los resultados encontrados en esta investigación apuntan a un incremento de la temperatura entre 2 a 2,5 grados Celsius, en el 80 % de las zonas productivas, mientras que las precipitaciones tienden a incrementar hasta en un 5 % para casi 70 % del territorio de la zona productiva, dicha proyecciones prevén una baja disponibilidad hídrica para maíz causada por el incremento de la evapotranspiración en el cultivo.

Eitzinger *et al.* (2014) realizó una proyección climática a 2030 y 2050, bajo el escenario A2 de emisiones, como input para el modelo de nicho ecológico de FAO (ECROCROP<sup>2</sup>), con el objetivo de establecer variaciones climáticas futuras a escala departamental para Cundinamarca y Boyacá. Se evaluaron a 19 cultivos de importancia para la seguridad alimentaria de Bogotá D.C. En los resultados, encontraron que actualmente la zona presenta una aptitud climática para maíz de 67 %. La proyección a 2030 hace que dicha aptitud caiga a 57 % y a 2050 se proyecta en 48 %, es decir, en ambas temporalidades se prevé una pérdida leve entre el 13 al 19 % del área óptima para cultivar maíz en estos dos departamentos.

Govaerts *et al.* (2019) proyectaron la aptitud climática de maíz para Colombia a 2030, utilizando ECOCROP para áreas de nicho óptimas para la producción de maíz. Además, utilizaron DSSAT con el propósito de evaluar si dichas condiciones climáticas óptimas, sumado a condiciones edafológicas del suelo y fisiológicas del maíz, tienden a incrementar o disminuir, bajo el escenario RCP 4.5 del IPCC. La proyección de áreas idóneas y no idóneas se extrajeron con respecto a las limitaciones que realizó la UPRA en zonas de alta y media potencialidad productiva. Los resultados mostraron que el departamento de Córdoba tendrá una reducción significativa de la aptitud climática para la siembra de maíz. Por ende, se prevé un descenso en el rendimiento con respecto al promedio de siembra entre el periodo 1980-2013. Para Cereté (Córdoba) se espera un descenso del rendimiento entre 13 % a 28 %, en el Espinal (Tolima) entre 6 % a 8 %, y en la Uribe (Meta) del 1 % a 3 %.

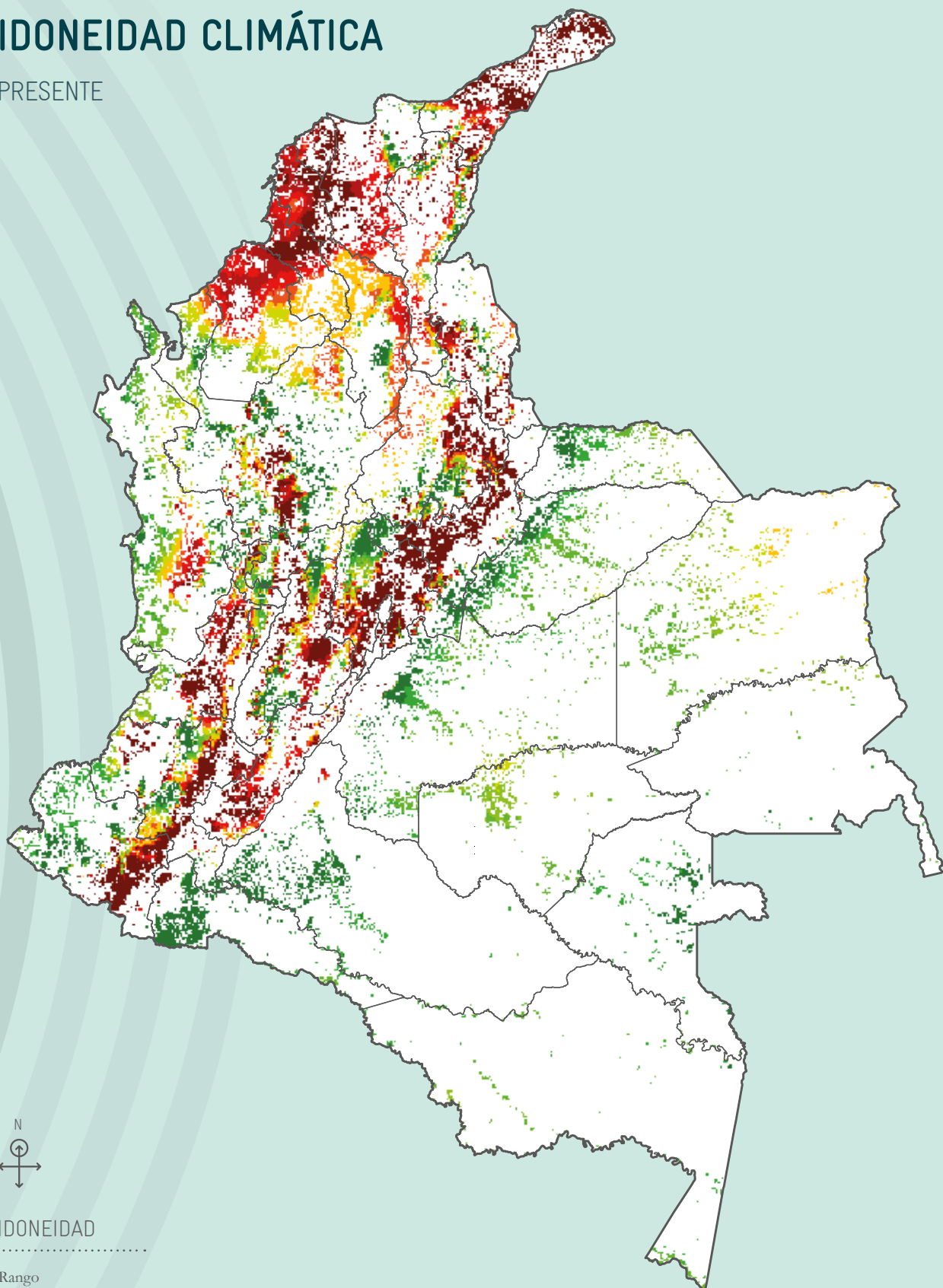
Los análisis de idoneidad de Govaerts *et al.* (2019) muestran importantes afectaciones de la zona productora de la costa caribe, a su vez se presentan cambios negativos relevantes en la altillanura colombiana. Se observan algunas ganancias en zonas de alta montaña en los departamentos de Cauca y Nariño (figura 16).

2 Ecocrop (Crop Ecological Requirements Database) fue una base de datos utilizada para determinar la idoneidad de un cultivo para un entorno específico.



# EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD CLIMÁTICA

PRESENTE



IDONEIDAD

Rango

0 - 10



11 - 20



21 - 30



31 - 40



41 - 50



51 - 60



61 - 70



71 - 80



81 - 90



91 - 100



— Departamentos

# EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD CLIMÁTICA

FUTURO

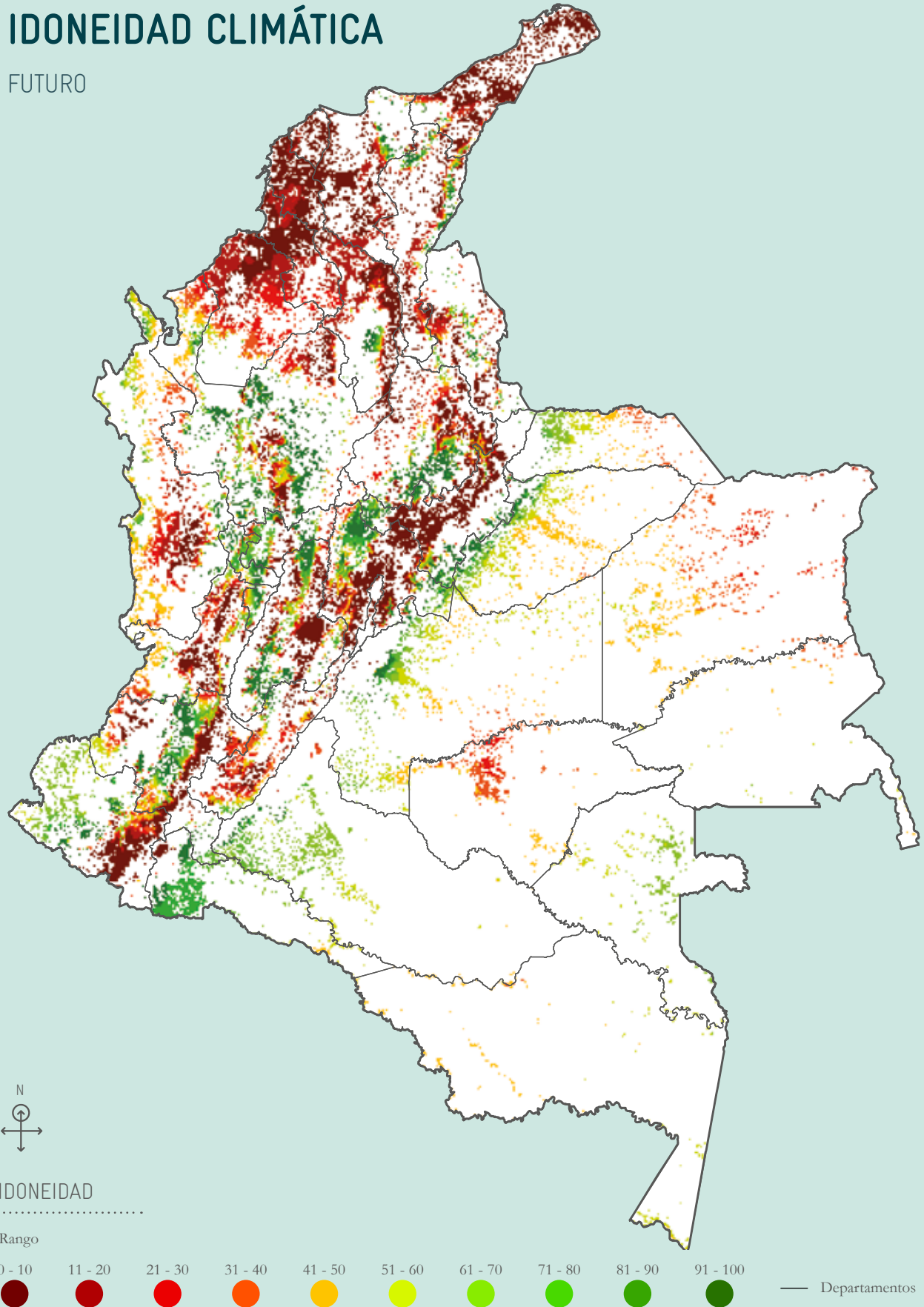


Figura 16. Evaluación de la idoneidad climática presente vs. futuro del maíz. Fuente: Govaerts *et al.* (2019)

## En general en todas las regiones analizadas **los rendimientos de maíz serían menores que el rendimiento promedio** de la línea base para todos los escenarios de cambio climático.

Según DNP (2014), las mayores reducciones de rendimientos de maíz se darían en Córdoba y Tolima, seguidos por Meta y Valle del Cauca. En el Valle del Cauca, donde los impactos totales serían menores que en los demás departamentos, se presentarían aumentos en los rendimientos entre 2071 y 2100, principalmente bajo las condiciones de los escenarios A2 y B2. Para Tolima y Meta las disminuciones en los rendimientos responderían a la reducción considerable de la precipitación proyectada para los tres escenarios en esta región (A2, B2 y A1B), que disminuiría la disponibilidad hídrica de los suelos, debido al incremento de la tasa de evapotranspiración del cultivo por el aumento de la temperatura. En general en todas las regiones analizadas los rendimientos de maíz serían menores que el rendimiento promedio de la línea base para todos los escenarios de cambio climático. Sin embargo, los impactos podrían ser menores, si se consideran modificaciones en las fechas de siembra y las duraciones de las etapas fenológicas para responder a la nueva oferta climática. Melo *et al.* (2019) utilizó un modelo de equilibrio general para Colombia a 2030 bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5, reportando decrecimientos hasta de un 4 % del rendimiento y una caída en la producción de hasta un 30 %, incrementos en el precio, y descenso en el capital y trabajo para el maíz. Estos análisis económicos restringen los impactos futuros a impactos del clima en la planta que han ocurrido en el pasado y tienen limitaciones frente situaciones climáticas que no se han presentado previamente.

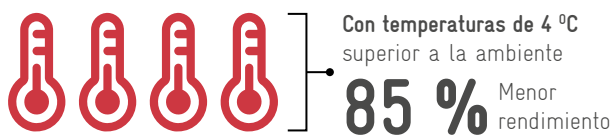
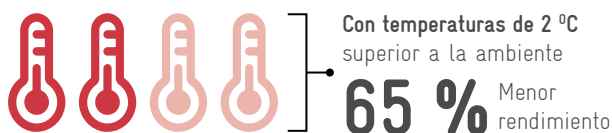
Cortés y Alarcón (2016) evaluaron los impactos del cambio climático en zona óptimas de nueve cultivos en el departamento de Cundinamarca, por medio de la utilización de algebra de mapas para establecer los cambios de las zonas óptimas pro-

yectadas a futuro, en el caso de maíz tomaron el rango de temperatura entre 20 a 32 grados centígrados, y precipitación anual entre 990-1800 mm, las proyecciones a nivel departamental se hicieron a 2030 y 2080, bajos los escenarios A2 y B2, y los resultados mostraron que a futuro en los escenarios A2 y B2 para 2030, tienden a pérdidas de áreas óptimas para maíz entre el 9-11 % del área óptima actual. En caso contrario vemos a 2080 bajo los mismos escenarios, se muestran ganancias de áreas óptimas para la siembra de maíz entre el 28 % al 41 % con respecto al área óptima actual en el departamento, dado al incremento de la precipitación que favorece el nicho ecológico en nuevas zonas con potencial productivo. Otros análisis de riesgo climático están siendo actualmente desarrollados, por el liderado por la FAO donde se incluyen varios cultivos incluido maíz.

En un análisis experimental donde se sometieron diferentes cultivos de maíz a un experimento controlado de aumentos de temperatura, se encontraron multiplicidad de efectos negativos en las etapas fenológicas del cultivo. Mayor temperatura afecta el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo. A mayor aumento de temperatura las afectaciones se vuelven más marcadas. Los cambios en rendimientos reportados bajo este esquema experimental son del 65 % para el maíz con temperaturas de 2°C superior a la ambiente y de 85 % para aquellas sometidas a temperaturas de 4°C superiores a la temperatura ambiente (CIAT & BID, 2015).

A nivel internacional Jones & Thornton (2003) predicen una reducción total del 10 % en la producción de maíz para el 2055 en África y América Latina, equivalentes a USD 2000 millones en pérdidas anuales, afectando a 40 millones de agricul-





tores pobres en diferentes zonas de América Latina y 130 millones en África Sub-Sahariana. En México, Salazar & Mejía, 2011 demostraron que las altas temperaturas en maíz, mayores a 36 °C, tienden a reducir la viabilidad del polen, esto disminuye la probabilidad de reproducción o hibridación de nuevas variedades. También en el mismo país, Ureta *et al.* (2020) proyectó a futuro, 2050 y 2070, bajo los escenarios del IPCC con RCP 2,6 y 8,5, y por medio de un modelo multilíneal, establecieron relaciones entre 10 variables climáticas y los rendimientos históricos. Con esto lograron determinar que la temperatura era el factor más influyente en el rendimiento en condiciones de secano, mientras que la precipitación era el factor más influyente para los cultivos de regadío.

En el Perú, Senamhi (2013) estimó por medio de un modelo multivariado para 2015-2039 un incremento del rendimiento de maíz amiláceo entre 1,5 a 1,6 t/ha para la subcuenca de Shullcas. Mientras que, (Nelson *et al.*, 2009) establece por medio del modelo IMPACT, que los rendimientos para maíz bajo riego a 2050 en países en vía de desarrollo tenderán a disminuir entre 1,4 a 2 % con respecto a los rendimientos reportados en el año 2000, esto podría incrementar los precios de adquisición de alimentos, dada a los bajos rendimientos que no logran cubrir la demanda alimentaria. En Estados Unidos, Tubiello *et al.* (2002) simuló DSSAT a 2030 y 2090 para el sector agrícola, en el cual encontró que para maíz secano los rendimientos aumentaron en respuesta al cambio climático proyectado. En todos los sitios, el aumento de las precipitaciones contrarrestó con creces los efectos negativos del aumento de las temperaturas. Los aumentos de rendimiento se calcularon en los principales centros de producción actuales: Des Moines, IA (15-25 %); Peoria, IL (15-38 %); y

Sioux Falls, SD (8-35 %). Mayores incrementos se encontraron en los sitios del norte: Fargo, ND (25-50 %); Duluth, MN (30-50 %).

A nivel general los análisis coinciden que el maíz será fuertemente afectado en Colombia. La gravedad del impacto negativo parece ser alta en las zonas de baja altitud como la costa caribe y los llanos orientales. Esto implicaría fuertes complicaciones para departamentos productores como Córdoba, Bolívar y Meta. Las afectaciones negativas pueden profundizar aún más la dependencia por el grano producido en Estados Unidos quien proyecta aumento de rendimientos en el contexto de cambio climático. Dicha situación podría afectar a multiplicidad de poblaciones. Si bien no hay un estudio de vulnerabilidad asociado exactamente a las comunidades que devengan su sustento del maíz, es claro que hay poblaciones más vulnerables que otras. Posiblemente las más vulnerables son los trabajadores agrícolas en las zonas que se proyectan como las más afectadas. A su vez pequeños productores y pequeños comerciantes pueden ser desproporcionadamente afectados. Se estima que el maíz beneficia a más de 390 000 familias de un modo directo. Actualmente la FAO está actualizando los análisis de riesgo y vulnerabilidad lo que aumentará la información disponible de los efectos del cambio climático en el maíz y el sector agrícola colombiano.

A continuación, se muestra un análisis de la incidencia de pobreza multidimensional en zonas de presencia de maíz (figura 17). Esto permite establecer que la mayor parte de los impactos proyectados a 2030 serán en la región del caribe húmedo, donde la incidencia de pobreza multidimensional es igual o mayor al 70 % y donde la aptitud climática a futuro tiende a disminuir para la producción de maíz en esta zona.

# ÁREAS DE MAÍZ Y POBREZA MULTIDIMENSIONAL

MUNICIPAL

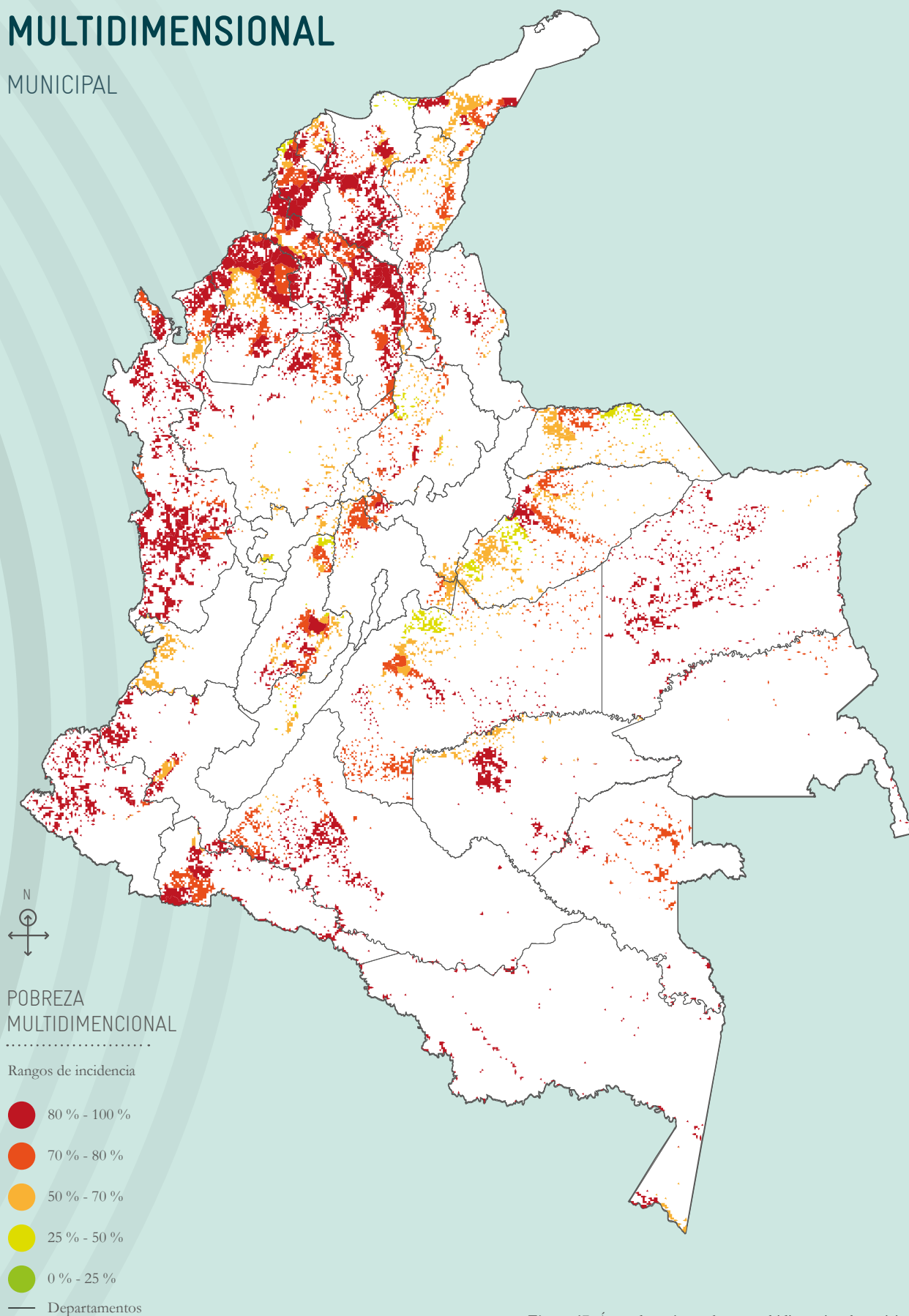


Figura 17. Áreas de maíz y pobreza multidimensional municipal.

En el mapa se pueden apreciar **zonas con altos niveles de pobreza** que podrían ser muy afectados en zonas como Córdoba que actualmente presenta altos niveles de pobreza y altos niveles de afectación en los cultivos maíz.

La mayoría de los análisis se basan en determinar la sensibilidad climática del maíz, pero no se cuenta con evaluaciones de la vulnerabilidad que involucren factores sociales y económicos. En el mapa recién presentado se pueden apreciar zonas con altos niveles de pobreza que podrían ser muy afectados en zonas como Córdoba que actualmente presenta zonas con altos niveles de pobreza y altos niveles de afectación en los cultivos maíz.

En cuanto a variabilidad climática, el cultivo de maíz es muy sensible a los ENOS<sup>3</sup> pero es muy heterogénea la respuesta, debido a las diferencias que existen en microclima de las diferentes localidades. Las principales zonas productoras de maíz parecen ser las más comprometidas con el cambio climático, ya que son estas zonas las que proyectan mayores pérdidas a futuro. Córdoba, la zona baja de Tolima y los llanos orientales pueden tener pérdidas de rendimiento hasta del 10 % (CIAT-Minagricultura 2015). Las altas temperaturas definitivamente serán un problema para la producción de maíz sumado a déficit hídrico para maíz seco.

En cuanto a medidas de adaptación existen varias alternativas promisorias. Una de ellas es el mejoramiento genético que tenga como objetivo mejorar la resistencia/tolerancia a altas temperaturas y el estrés hídrico de la planta. Como medida de adaptación, ya se ha venido trabajando en predicciones agroclimáticas con el fin de entregar información a los productores sobre fechas de siembra y materiales más adecuados para sembrar de acuerdo con la oferta ambiental CIAT-Minagricultura (2015). Por otro lado, también se ha avanzado en el uso de ciencia de datos para analizar los factores climáticos más limitantes de la producción a nivel local, lo que orienta las recomendaciones de los técnicos. Actualmente, Fenalce cuenta con el sistema

de chequeo, el cual es una lista de variables a las que, los productores, deben hacer seguimiento de acuerdo a la localidad. Este sistema está validado en un departamento (Córdoba) y sería conveniente hacer la validación en los otros departamentos productores (al menos en Tolima, Valle y Meta).

Finalmente, Govaerts *et al.* (2019), en el documento de maíz para Colombia 2030, proponen motores de cambio que permitan afrontar los impactos de cambio climático previstos a 2030 a nivel nacional y que dichas estrategias logren brindar herramientas para mejorar la competitividad regional. El primer motor de cambio es la adopción de semillas mejoradas para toda la superficie sembrada de sistemas tecnificados para el 2030. El segundo motor es la seguridad nutricional, por medio del consumo nacional de al menos del 50 % de maíz blanco biofortificado con alto contenido de zinc. El tercer motor de cambio es la agricultura sostenible adaptada al clima, esto incluye un paquete tecnológico que involucra la generación y uso de pronósticos agroclimáticos que permitan predecir a corto plazo el comportamiento climático en zonas productivas, reducción de brechas productivas con agricultura específica por sitio, tecnologías bajas en carbono y orientadas a incrementar la resiliencia, un reporte y verificación de huella de carbono del sistema productivo de maíz, y por último una evaluación continua de la huella hídrica. Otro motor de cambio son las redes de acompañamiento a la innovación, el propósito de este ítem es permitir una cobertura de redes de innovación asociadas a la asistencia técnica en al menos 30 % en el entorno rural. Finalmente, y no menos importante, la vinculación de productores competitivos al mercado, con el objetivo de aumentar la vinculación para un comercio de productores competitivos del mercado local, regional y nacional.

3 El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural que implica temperaturas oceánicas fluctuantes en el Pacífico ecuatorial. <https://www.imn.ac.cr/enos>



## RIESGO Y ADAPTACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ

Los riesgos en esta fase del maíz están dados principalmente por interrupciones logísticas en los procesos de distribución catalizados por eventos climáticos tales como deslizamientos. Así mismo, la infraestructura de acopio puede verse afectada por eventos extremos como vendavales, tormentas, entre otros. Riesgos indirectos asociados al cambio climático pueden provenir del encarecimiento del combustible por nuevas regulaciones, lo que podría repercutir el traslado del maíz. A su vez, estas regulaciones podrían afectar el precio de los insumos. A pesar de que existe una variedad de riesgos para esta fase de la cadena de valor, no se encontraron estudios asociados a identificar el riesgo específico de la distribución y acopio del maíz en Colombia.

Este eslabón es importante para mantener la cadena de valor y contactar los puntos que la componen, desde los insumos para producir en campo hasta la distribución de los productos finales. Este eslabón puede ser afectado de forma indirecta por los efectos climáticos que tienden a variar la productividad de maíz, disminuyendo la oferta de alimentos en los centros de acopio y acarreado sobrecostos de transporte. Por otro lado, la incidencia directa del clima (altas precipitaciones) en las vías o rutas de comercialización de maíz en grano o derivados es probablemente el riesgo más sobresaliente.

Para analizar el riesgo directo del clima en este eslabón es necesario tener la información de la cantidad y tipo de camiones utilizados en el transporte de maíz, capacidad de carga, vías o canales de transporte del grano de maíz desde la finca hasta los centros de acopio, y desde los centros de acopio hasta las empresas transformadoras y procesadoras de maíz. Esto permitiría tener una red de flujo del comercio de maíz y a la vez sobrepone información del estado de vías. En cuanto al acopio, la información requerida para el análisis de riesgo climático es la ubicación de los principales centros de depósito de maíz en grano. Los detalles de la infraestructura podrían dar pistas sobre la capacidad de respuesta de dichas estructuras frente a condiciones adversas climáticas. No

se encontró un análisis de esta naturaleza en la búsqueda realizada.

Existen análisis en el marco de la tercera comunicación y planes sectoriales de cambio climático sobre riesgos en las vías principales, siendo la amenaza más recurrente los eventos de remoción en masa. En la figura 18 se puede evidenciar el nivel de riesgo de las vías principales, que podrían ser tomadas como proxis de canales de comercialización hacia los principales centros de acopio y principales empresas transformadoras de maíz. Sin embargo, no se cuenta con la información de rutas frecuentadas por los principales transportadores de maíz.

A través de la información de las vías se puede inferir que la distribución desde el Valle del Cauca y Tolima hacia centros de transformación como Cali, Medellín y Bogotá no tiene una amenaza importante. Sin embargo, la distribución desde los grandes centros productores de la costa hacia el interior del país puede llegar a ser más afectada por fenómenos climáticos. Así mismo la conexión entre la producción de los llanos y el centro del país pasa por un pequeño tramo con altos niveles de amenaza. Para hacer un análisis más robusto se requieren también las vías secundarias que son usadas en los procesos de distribución del maíz y sus procesados. Los productos finales del maíz son consumidos en lugares remotos, por ende, la información aquí presentada no es suficiente para determinar el riesgo climático de la distribución del maíz con la certidumbre necesaria.

En cuanto a medidas de adaptación a nivel de vías, se cuenta con un estado del arte de las vías primarias, llamado plan vías compatibles con el clima, liderado por el Ministerio de Transporte, que tiene la finalidad de identificar amenazas en vías primarias y clasificarlas con base al riesgo climático de eventos recurrentes de precipitación y temperatura a nivel nacional. Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con medidas puntuales, dado que dichas propuestas de adaptación deben ser evaluadas como plan piloto para ser implementadas a gran escala.

# NIVEL DE AMENAZA DE VÍAS Y ZONAS DE PRESENCIA DE MAÍZ

NIVEL NACIONAL

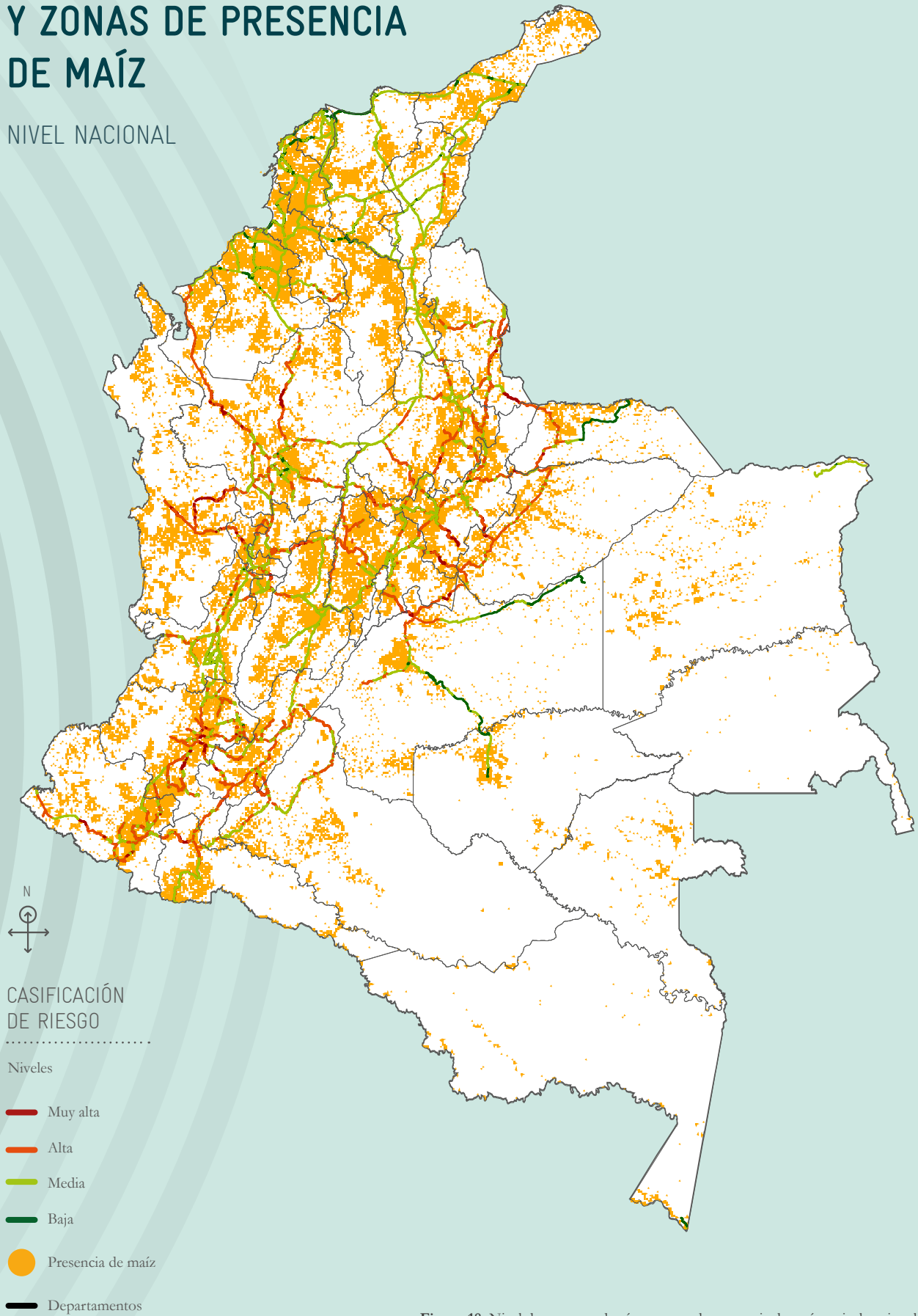


Figura 18. Nivel de amenaza de vías y zonas de presencia de maíz a nivel nacional.

## RIESGO Y ADAPTACIÓN EN LA TRANSFORMACIÓN DEL MAÍZ

Los riesgos climáticos directos asociados a esta fase están relacionados a los daños que puedan ocurrir en la infraestructura de transformación a causa de eventos climáticos extremos y a los cambios de factores ambientales para la producción ocasionados por los cambios graduales del clima. Los primeros suelen estar asociados a afectaciones físicas de las edificaciones y sistemas de producción. Los segundos están asociados a cambios en la temperatura y humedad relativa que pueden afectar las condiciones para la transformación del producto, ya sea cambiando la calidad de la materia prima o volviendo más ineficientes algunos procesos como el consumo de electricidad. Cualquier riesgo directo en los otros eslabones de la cadena de valor pueden afectar indirectamente los procesos de transformación.

Hasta el momento, no se ha encontrado la información precisa de condiciones en infraestructura de las industrias transformadoras de maíz. Tampoco se encontró ningún análisis especializado de riesgos climáticos en la transformación del maíz. Cabe mencionar que se espera una gran diversidad entre los procesadores de maíz, en cuanto a sensibilidad y capacidad adaptativa. Empero, no se han encontrado análisis al respecto. A nivel nacional se siembra maíz blanco y amarillo para molinería con el objetivo de producir harina y sémola. Adicionalmente, se produce para refinería con el objetivo de producir almidón, azúcar, aceite, jarabe, dextrina<sup>4</sup>, gluten y salvado. También para la destilería y fermentación para producción de licores de malta, y finalmente fabricación de alimentos balanceados. Un proxi para determinar el riesgo climático que

podría funcionar para realizar una aproximación inicial es la localización exacta de las principales empresas productoras de dicha lista de derivados de maíz mencionados anteriormente.

El riesgo climático en las industrias transformadoras de maíz puede ser bajo, un impacto indirecto podría generarse por el aumento gradual de la temperatura; el requerimiento de aire acondicionado y refrigeración en procesos podría ser mayor que el actual, lo que al final podría acarrear costos operativos que pueden incidir en el incremento del valor del producto terminado. De igual manera, los impactos del cambio climático son regionales, habrá zonas que proyectan incrementos de temperatura más altos que otros, y zonas con incrementos en la precipitación que podrían afectar la infraestructura por el incremento de la humedad. De la misma manera aquellas empresas ubicadas en zonas sensibles a inundaciones u otros eventos extremos podrían ser afectadas por daños en las edificaciones, suministro eléctrico y centros de almacenamiento, entre otros.

La agroindustria como proceso de la cadena de valor que ocurre en edificaciones especializadas en ciertos procesos físicos y químicos ha sido un eslabón descuidado en materia de análisis de riesgo climático, de acuerdo a lo poco que se ha encontrado tanto a nivel nacional como internacional. Esto también puede sugerir que los riesgos directos en este eslabón son mínimos y que la preocupación está más asociada a asegurar la materia prima (producción primaria y distribución) y la capacidad de acceder a mercados (distribución).

4 Grupo de oligosacáridos utilizados en la industria alimentaria para espesamiento. <https://www.ecured.cu/Dextrinas>







2.2

# EMISIONES Y MITIGACIÓN EN LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ

## NIVEL DE EMISIONES Y MITIGACIÓN EN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DEL MAÍZ

Las emisiones en el sector agrícola usualmente se miden con análisis de ciclo vida asociado a la unidad de producto o estudiando las emisiones por un tiempo particular bajo una perspectiva de unidad de área. En los cultivos semestrales las fuentes más importantes de emisiones son la fertilización nitrogenada, la aplicación de enmiendas para el control de la acidez del suelo, manipulación mecánica de los horizontes superficiales del suelo y el combustible de la maquinaria. El proceso de producción y distribución de insumos también genera emisiones por consumo de energía y generación de residuos. En el eslabón de producción primaria es importante considerar que prácticas como la irrigación y la aplicación de fertilizantes puede estimular la producción de emisiones, especialmente de óxido nitroso -  $N_2O$  (Flessa *et al.*, 2002). En el

caso particular de la industria del maíz irrigado se emplean altos niveles de fertilizantes, y dependiendo si la región de cultivo tiene clima estacional, la cosecha ocurre generalmente en periodos donde se favorece la producción natural de  $N_2O$  en el suelo (Grant & Beer, 2008a).

Por consiguiente, para evaluar el aporte neto de emisiones de la producción primaria de maíz, se requieren al menos los datos mencionados en la tabla 4. En la mayoría de los casos la metodología empleada para realizar las mediciones de los factores de emisión consiste en la planificación y establecimiento de parcelas experimentales en las cuales se varía la disposición de la cantidad y distribución de semillas, tipos de labranza, así como cantidad y tipo de fertilizantes.

Fase del ciclo de vida	Elemento
Producción de materia prima	Composición del fertilizante por unidad de masa
	Composición del herbicida y pesticida por unidad de masa
Preparación y sostenimiento del cultivo	Cambios del factor de emisión provocado por labranza
	Emisiones durante la preparación de la tierra
	Factor de emisiones durante la plantación
	Emisiones durante el crecimiento
	Tipo de fertilizante
	Cantidad de fertilizantes por unidad de área
	Cantidad de herbicida y pesticida por unidad de área
	Uso de agua bien sea por unidad de área o producción
Cosecha	Consumo de electricidad y combustibles para la producción

**Tabla 7.** Variables requeridas para la determinación de emisiones en el eslabón de producción primaria de maíz.

Grant & Beer, (2008b) en Australia, definieron tres parcelas experimentales en las que sólo consideraron los efectos de la variación en el manejo de los residuos. Según las siguientes condiciones: i) no aplicación de fertilizante y quema de los residuos; ii) 300kg de N\ha y aplicación de quema de residuos; iii) 300kg de N\ha y biomasa incorporada. Las emisiones fueron medidas con la metodología de cámara estática y cromatografía de gases, metodología expuesta en Edis *et al.* (2008). Se encontraron emisiones de 6,5 t y 4,5 t de CO<sub>2</sub> eq<sup>1</sup>. Las diferencias se deben al manejo de residuos y al combustible utilizado para irrigación. Cuando se incorpora el carbono en suelos, los sistemas que queman tienen incluso emisiones más altas.

De acuerdo con los resultados anteriores, Grant & Beer, (2008b) concluyeron que para la producción de un paquete de pasabocas de maíz de 400g, el aporte de emisiones por las actividades en campo del cultivo de maíz irrigado es de aproximadamente el 36 % del total de emisiones de la unidad funcional. En fase de producción primaria, los autores revelaron que el bombeo de agua para la irrigación requiere un alto consumo de energía, que incluso se equipara con las emisiones provocadas por el uso de fertilizantes nitrogenados; el aporte de estas emisiones se intensifica si el agua se extrae de acuíferos subterráneos. Esto implica que las emi-

siones son fuertemente dependientes del sistema tecnológico y las condiciones agroecológicas del cultivo. En Estados Unidos, Ma *et al.* (2012) realizó un estudio experimental estudiando diversos regímenes de fertilización. El estudio encontró, para dosis de fertilización del sistema convencional de Estados Unidos, emisiones de 4 t de CO<sub>2</sub>\ha. Dichos valores fueron para maíz sembrado en forma de monocultivo y altos niveles de tecnificación.

En China se han realizado también estudios asociados a la huella de carbono del maíz. Se han encontrado valores mayores por unidad de producto que en Estados Unidos debido a productividades inferiores (Snyder *et al.*, 2009). Si bien no se tomaron en cuenta las emisiones de carbono por labranza del suelo, las cuales son muy dependientes de condiciones locales. Zhang *et al.* (2012) valoró emisiones para el cultivo de maíz asociadas a metano y óxido nitroso para una región en China encontrando valores de alrededor de 0,5 t de CO<sub>2</sub>/ha al año para las parcelas convencionales. En unidad de producto se encontraron valores de 70kg de CO<sub>2</sub> eq. por tonelada de maíz. De acuerdo a Snyder *et al.* (2009), el rango del factor de emisión de Estados Unidos es 0,14 t-0,25 t de CO<sub>2</sub> eq. por tonelada de maíz mientras el de China es 0,22 t-1,28 t de CO<sub>2</sub> eq. por tonelada de maíz. Usualmente los sistemas más productivos suelen ser más eficientes, si bien

1 CO<sub>2</sub> eq. Se refiere a las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>. Es la cantidad de gases de efecto invernadero, expresada como el resultado del producto del peso de los gases de efecto invernadero en toneladas métricas por su potencial de calentamiento atmosférico (PCA).





generan más emisiones por área (ej: emisiones por hectárea) generan menos emisiones por unidad de producto (ej: emisiones por tonelada producida). En México, Dendooven *et al.* (2012) estimaron las emisiones para maíz convencional encontrando un rango de emisiones por hectárea de entre 1,1 t y 1,3 t de CO<sub>2</sub> eq. al año. En este estudio se incluyó las emisiones de los fertilizantes, la biomasa y la maquinaria usada para las labores de campo.

En Colombia se realizaron experimentos sobre dos híbridos de maíz en el departamento de Córdoba con el apoyo de Fenalce (CIAT *et al.*, 2014). En dicho experimento con altos niveles de fertilización nitrogenada encontraron valores de emisiones de 8 t de CO<sub>2</sub> eq. por hectárea al año. Para condiciones más promedio para el país, De Pinto *et al.* (2014) estimaron con información de manejo convencional, emisiones de 1,7 t de CO<sub>2</sub> eq. por hectárea al año. En estudios similares (Méndez Arias & Quesada Quintero, 2017) realizados en el Huila, se encontraron emisiones de 2,3 t de CO<sub>2</sub> eq. por hectárea por ciclo, lo que implica unas emisiones de 4,6 t de CO<sub>2</sub> eq. por hectárea al año.

Si bien en Colombia no existen mediciones actualizadas de emisiones por maíz es posible estimar de manera general. Utilizando el factor de emisión reportado por De Pinto *et al.* (2014) las emisiones de las casi 400 000 hectáreas de maíz pueden ser alrededor de 633 000 t de CO<sub>2</sub> al año. Diferencias regionales de emisiones pueden ser estable-

cidas a partir del análisis de CIAT & USDA (2019), el cual estableció consumos de fertilizante nitrogenado para maíz en diferentes zonas del país encontrando los mayores valores en zonas como Meta, Bolívar, Tolima y Córdoba. Para reducir emisiones no existen estudios en Colombia que hayan estudiado el potencial de mitigación para tecnologías en la producción del maíz. Sin embargo, a nivel internacional se reportan varias prácticas que podrían reducir las emisiones en este cultivo. En China existen estudios que identifican oportunidades de reducción de emisiones a través de fertilizantes nitrogenados que se volatilizan menos que los tradicionales (Cui *et al.*, 2013). También en este país se han realizado experimentos con enmiendas de biochar (Zhang *et al.*, 2012). Estudios similares reportan beneficios de este tipo en enmiendas en suelos tropicales (Agegnehu *et al.*, 2016). Por otro lado, el manejo de la irrigación y residuos ha sido estudiado como alternativa en cultivos de maíz en Estados Unidos (Grant & Beer, 2008b). Mientras tanto, hay referencias en México sobre experimentación con agricultura de conservación, la cual reduce las actividades de labranza y aumenta la incorporación de materia orgánica en el cultivo (Dendooven *et al.*, 2012).

No existen referencias en la literatura científica sobre experimentación de estas prácticas de mitigación en Colombia, por ende, su aplicabilidad y potencial es aún desconocido. Se puede inferir que en instrumentos de política tales como el Plan de Ges-



ción Integral de Cambio Climático para la Orinoquia, parte de las medidas de fertilización más eficiente pueden ser aplicadas en los cultivos de la región. Sin embargo, su aplicabilidad es limitada. Las medidas de fertilización eficiente en maíz no hicieron parte de las acciones estudiadas para determinar los escenarios de mitigación de la NDC<sup>2</sup>, como lo muestran los documentos técnicos de soporte de dicho compromiso nacional. De Pinto *et al.* (2014) estiman que mediante una mejora de los procesos de fertilización en algunos puntos específicos, las emisiones asociadas al maíz podrían reducirse en un 6 %. Este potencial significaría 37 980 000 kg de CO<sub>2</sub> eq. menos que en la línea base. Sin embargo en De Pinto *et al.* (2014) no se especifican técnicas ni lugares. Cabe mencionar que estas medidas asociadas a la fertilización son difíciles de monitorear por su dispersión geográfica.

Las técnicas para una fertilización nitrogenada más eficiente abarcan desde una mejor dosificación, tecnologías para la disposición sobre el suelo y nuevos tipos de fertilizantes. Sin embargo, disminuir la dosificación no es aplicable en gran cantidad de predios, debido a que en pocos casos el maíz es fertilizado con abundante nitrógeno. En zonas tecnificadas la fertilización incorporada al riego, los inhibidores de nitrificación y los fertilizantes de lenta liberación merecen ser estudiados. Guar-

dia *et al.* (2017) estudiaron para predios de maíz en Brasil técnicas de fertilización irrigada e inhibidores de nitrificación encontrando reducciones en las emisiones de óxido nitroso de hasta el 50 %. Las rotaciones con leguminosas de ciclo corto también pueden ayudar a disminuir los requerimientos de nitrógeno, este sistema es ampliamente utilizado en los llanos orientales.

Otra técnica estudiada en algunos lugares es la incorporación de enmiendas con alto contenido de carbono como lo es el biochar, el cual es carbón hecho de biomasa a partir de procesos de pirólisis. Enmiendas de este tipo de carbón en el suelo puede disminuir las emisiones de óxido nitroso y catalizar la captura de carbono en suelos (Agegehu *et al.*, 2016). Las disminuciones en potencial de calentamiento de acuerdo a Zhang *et al.* (2012) son cercanas al 30 %. En este mismo sentido, la agricultura de conservación, la cual incluye cero-labranza, dejar los residuos en campo y la rotación de cultivos, ofrece oportunidades de mitigación para el maíz. En México, se encontró que dichas técnicas pueden secuestrar hasta 7 t de CO<sub>2</sub> eq. al año por hectárea (Dendooven *et al.*, 2012). Estudiar la aplicabilidad y escalabilidad de estas técnicas en maíz debe ser una prioridad en la agenda de investigación en agricultura y cambio climático en Colombia.

2 NDC o Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional son reducciones previstas de las emisiones de gases de efecto invernadero en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.



## NIVEL DE EMISIONES Y MITIGACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ

Luego de una búsqueda intensiva de casos de estudio asociados a la caracterización de emisiones en el eslabón de transporte de materias prima y productos terminados de maíz, se han encontrado y analizado estudios de índole internacional pero no ha sido posible hallar algún caso específico en el contexto colombiano para el sector productivo de maíz. Esto en parte se debe a que es muy difícil rastrear todos los movimientos. Tanto el consumo como la producción de maíz se realiza de manera generalizada por todo el territorio nacional.

En Australia se encontró un ejemplo de análisis para la cadena de valor de un producto procesado derivado del maíz. Grant & Beer (2008b) lograron estimar la cantidad de emisiones liberadas por el transporte de maíz hacia las fábricas de producción de pasabocas hechos a base de maíz, a partir de un análisis de ciclo de vida. Los resultados indican que esta actividad representa un aporte del 4 % del total de las emisiones generadas para producir un paquete de chips de maíz de 400 gr (unidad funcional del estudio), este porcentaje es equivalente a una cantidad de 0,02kg de CO<sub>2</sub> eq. por unidad funcional. Por otra parte, transportar la

unidad funcional hacia las tiendas de distribución genera una liberación de 0,04kg de CO<sub>2</sub> eq. por paquete de chips de maíz de 400 gr, lo cual equivale al 8 % del total de emisiones de la cadena de valor productiva. No obstante, los autores no plantean alguna estrategia para reducir las emisiones generadas en este eslabón, dado que es un estudio de caracterización.

Para situar dicho ejercicio al contexto colombiano, las variables, condiciones y/o datos requeridos para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> eq. por distribución son:

- Definir si el cálculo de emisiones de la cadena de valor incluye transporte de materia prima diferente de los granos de maíz, así como el transporte para consumo y disposición final de residuos sólidos y líquidos.
- Rutas de transporte de la producción de granos de maíz a los puntos de acopio y/o transformación. En caso de que se evalúe, también se requieren las rutas de transporte de materia prima y rutas de disposición de desechos.





- Tipo de camión empleado para el transporte, incluyendo la capacidad de carga de este.
- Tipos y cantidad de combustible empleados para los vehículos de carga.
- Itinerarios de transporte de los elementos a evaluar.

Empleando los datos con los cuales hasta ahora se cuenta, que no son datos específicos de origen y destino, se ha asumido como distancia nominal de transporte de la producción nacional un valor de 300 km. Se asume que el transporte promedio es algo mayor al de cadenas de valor como el cacao debido a que tanto la producción como el consumo están geográficamente más dispersos. Sin embargo, evaluar dicho supuesto es complejo y merece ser validado con mejor información. Bajo esta distancia recorrida, considerando un camión estándar, operado a base de diésel, con una capacidad de carga de 6 t, con un factor de emisión de 1,30 kg CO<sub>2</sub> eq. km<sup>-1</sup>, y que toda la producción es transportada a

transformación. El aporte de este eslabón de distribución es de 447 850 t de CO<sub>2</sub> eq. anualmente.

En la Tercera Comunicación Nacional (TCN)<sup>3</sup>, el sector transporte plantea a una reducción de entre el 20 y el 10 %. Este valor no está desagregado por medida priorizada en dicho documento de política. Por ende, no es recomendable tomar directamente estos valores como potencial de mitigación, ya que muchas de esas medidas están asociadas al transporte urbano. Exactamente cuál será la proporción mitigada por las medidas que aplican al transporte de carga, como son la renovación de camiones o cambio de combustible a gas natural, es desconocido. De aplicarse un valor proporcional sectorial, lo cual es una aproximación riesgosa por el grado de incertidumbre, el potencial de mitigación estaría entre 89 000 t de CO<sub>2</sub> eq. y 45 000 t de CO<sub>2</sub> eq. Para el sector residuos en la fase de acopio es todavía más complejo pues no existe un estimativo de emisiones al cual aplicar una meta sectorial de reducción de emisiones. Sin embargo, dado que se infiere emisiones mínimas, el potencial de mitigación se considera insignificante.

3 <http://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico>



Un camión estándar aporta

**447 850 t**  
de CO<sub>2</sub> eq. anualmente



El transporte representa un aporte del

**4 %** de las emisiones generadas para producir un paquete de **chips de maíz de 400 gr**



El potencial de mitigación de CO<sub>2</sub> eq. estaría entre

**89 y 45** miles de toneladas

## NIVEL DE EMISIONES Y MITIGACIÓN EN LA TRANSFORMACIÓN DEL MAÍZ

Al igual que para el eslabón de distribución, para la actividad de transformación no han sido muchos los casos de estudio que se han logrado encontrar. Particularmente en Colombia no se han realizado análisis asociados a las emisiones en esta fase. Cabe mencionar que los diferentes productos que se obtienen del maíz requieren procesos disímiles, los que a su vez tienen diferentes requerimientos de energía, combustible, agua y generan cantidades diferentes de desechos.

A nivel internacional el estudio presentado en la sección de distribución es útil para este eslabón también dado que tiene como unidad funcional un paquete de chips de 400 gr (unidad funcional), lo cual es un producto transformado del maíz. Según Grant & Beer, (2008b), en Estados Unidos las emisiones liberadas en las actividades ejecutadas al salir de la finca de producción, representan aproximadamente un 58 % del total de las emisiones para esta cadena de valor de producción. Excluyendo las actividades de distribución, las actividades de transformación y sus respectivas emisiones, según la unidad funcional (paquete de 400gr de pasabocas de maíz), pueden ser segregadas como se muestra en la tabla 005.

Pese a lo anterior, los autores no discuten acerca de estrategias que logren la disminución de estos niveles de emisiones, dado que es un estudio de caracterización del nivel de emisiones. Sin embargo, según este estudio, las variables requeridas para el cálculo de las emisiones son:

- Localización de los puntos de transformación de maíz.
- Energía eléctrica y otros energéticos (combustibles) consumidos por kg de maíz transformado, depende del equipamiento empleado para este propósito y del proceso.

- Emisiones liberadas para la elaboración de empaques y/o embalajes.
- Cantidad de maíz transformado.
- Cantidad de residuos generados
- Tipo de manejo de residuos

Ahora bien, para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. liberadas por la transformación de maíz y con base en los datos disponibles, se puso en marcha el siguiente ejercicio de cálculo. Dado que el 37 % del maíz blanco se transforma se trilla para diversos usos, sólo se considera esta cantidad para el aporte de este eslabón, es decir, 564 243 t. En este caso, se considera que la maquinaria trilladora, operativa bajo corriente eléctrica, con un factor de emisión de 0,192 kg de CO<sub>2</sub> eq. KW/h<sup>-1</sup>, bajo un consumo de 0,21 KW/h por tonelada de maíz transformada. Por lo tanto, dicha actividad genera un total de 22 270 t de CO<sub>2</sub> eq. Cabe mencionar que esto no es una visión exhaustiva de todos los procesos y la cifra no es representativa de todo el procesamiento que se realiza con el maíz. No se encontraron datos de actividad de residuos sólidos y líquidos generados en las diferentes actividades de procesamiento del maíz.

En esta fase no existen medidas de mitigación estudiadas específicamente para la industria del maíz. Sin embargo, mejoras en la carbono-intensidad de la electricidad colombiana tenderán a disminuir indirectamente las emisiones de esta fase. Así mismo, mejoras en la eficiencia energética y optimizar el manejo de residuos también pueden reducir las emisiones en la fase de transformación. En general las estrategias sectoriales de los sectores energía, residuos e industria pueden ser catalizadoras de reducción de emisiones en este sector de la agroindustria colombiana.

**Las mejoras en la eficiencia energética y la optimización en el manejo de residuos** también puede reducir las emisiones en la fase de transformación.

Actividades asociadas a la unidad funcional	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq.)
Consumo de electricidad	0,1
Consumo de gas natural	0,03
Aceite para freír	0,05
Sazonamiento	0,01
Producción del empaque	0,02
Producción de la caja	0,04
Desechos de la caja y el empaque	0,005

**Tabla 8.** Actividades de transformación y emisiones para la elaboración de un paquete de pasabocas en Estados Unidos.





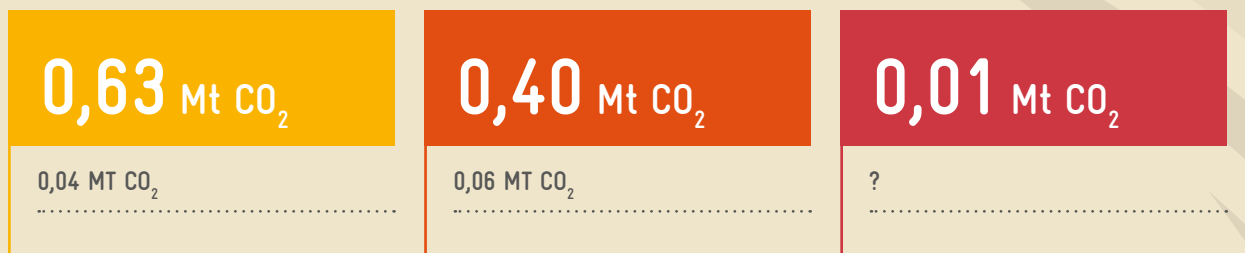


2.3

# SÍNTESIS DE RESULTADOS SOBRE EMISIONES Y RIESGOS

Una síntesis gráfica bajo enfoque de cadena de valor se puede observar en la figura 22, es importante tener en cuenta que los valores de emisión asociados a las fases de distribución y transformación son estimaciones muy generales e incompletas. Estas requieren ser completadas y validadas

con información confiable, que represente efectivamente la cantidad de combustible usado en el transporte de todas las mercancías asociadas a la cadena de valor del maíz. A su vez se requiere información actualizada del uso de energía y residuos en la fase de transformación.



### Factores determinantes de emisiones

<p>Uso de fertilizantes nitrogenados.</p> <p>Uso de cal.</p> <p>Residuos orgánicos.</p> <p>Biomasa vegetal.</p> <p>Consumo de combustible.</p>	<p>Consumo de combustible.</p> <p>Tipo de camiones.</p> <p>Distancia recorrida.</p> <p>Residuos orgánicos.</p>	<p>Consumo de combustible.</p> <p>Consumo de electricidad.</p> <p>Residuos orgánicos.</p>
		
 <b>Producción primaria</b>	 <b>Distribución</b>	 <b>Transformación</b>

### Riesgos determinantes

<p>Pérdida de aptitud geográfica.</p> <p>Pérdida de modos de vida en población vulnerable.</p> <p>Pérdidas de rendimiento.</p>	<p>Disrupciones en las vías.</p> <p>Daños en la infraestructura de acopio.</p> <p>Afectación en el almacenamiento por cambios en la humedad.</p>	<p>Daños en la infraestructura de transformación.</p> <p>Limitantes para acceder a la materia prima.</p> <p>Mayores consumos de energía por aumento de temperatura.</p> <p>Cambios en la calidad por condiciones ambientales.</p>
--	--	---

Figura 19. Emisiones y riesgos de la cadena de valor de maíz.



2.4

## EVALUACIÓN CUALITATIVA PARA LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ

A continuación, se procederá a evaluar cualitativamente el nivel de emisiones y riesgo climático y el potencial de adaptación y mitigación. Tras el análisis de la información expuesta en esta sección, se considera que el nivel de emisiones del maíz en producción primaria es medio. Los niveles de emisión son insignificantes frente a las emisiones nacionales, incluso incluyendo gastos en combustible y energía. Las emisiones totales de la producción primaria de maíz es el 0,26 % de las emisiones nacionales. Las emisiones de este eslabón también son poco significativas a nivel sectorial, pues son proporcionales al 6 % de las emisiones asociadas exclusivamente con actividades agrícolas<sup>1</sup>. Se considera que las emisiones de este eslabón son las más altas entre los eslabones de la cadena de valor, pero sin la preponderancia que tiene en la cadena de valor del maíz. Las emisiones de maíz están altamente desconcentradas debido a que el cultivo es común en muchas zonas geográficas como se puede notar en la figura 21. Las emisiones asociadas a la producción primaria son producto de actividades fundamentales para el cul-

tivo como lo es la fertilización nitrogenada. Por ende, la producción primaria de maíz cumple con tres de los cinco criterios utilizados para calificar los niveles de emisión.

En cuanto a las emisiones en el eslabón de transporte se debe mencionar que no existe suficiente información para estimarlas con solidez. Sin embargo, con la información disponible fue posible hacer la estimación con base a un supuesto de distancia. Estas emisiones estimadas en 0,4 Mt de CO<sub>2</sub> eq. son insignificantes a nivel nacional, pero pueden ser un tanto significativas dentro de los 10 Mt de CO<sub>2</sub> eq. asociadas al transporte de carga<sup>2</sup>. Dentro de la cadena de valor se estima que son importantes comparadas a las emisiones de la producción primaria. Se considera que las emisiones están concentradas geográficamente ya que la mayoría de la carga recorre corredores específicos desde los grandes centros importadores hasta los grandes centros de transformación. Sin embargo, estas emisiones son fundamentales para la actividad pues son propias de la energía requerida

1 Este valor se incluye como referencia ya que no son completamente comparables, los valores estimados para cacao incluyen emisiones provenientes

2 Los datos sirven como referencia, pero no son absolutamente comparables debido a los métodos utilizados.



Tras el análisis de la información expuesta en esta sección, se considera que **el nivel de emisiones del maíz en producción primaria es medio.**

para mover la carga producida hacia los lugares de agregación de valor. Este eslabón cumple con tres de los cinco criterios para evaluar el nivel de emisiones, por ende, el nivel se considera medio (3).

Las emisiones de transformación se estiman poco significativas a nivel nacional. A nivel sectorial se estiman poco importantes comparadas a las emisiones de energía eléctrica (7,5 Mt de CO<sub>2</sub> eq. por termoeléctricas) y combustibles en procesos industriales (16,7 Mt de CO<sub>2</sub> eq. por combustibles fósiles), sin embargo, se requiere mayor información al respecto. Se considera que son significativas frente al total de la cadena de valor con base a los estudios referenciados en el subcapítulo 5.3.2 y debido a que la mayoría del maíz transformado proviene de importaciones aumentado de esta manera la proporción de estas emisiones frente a las de la producción primaria. Las emisiones por transformación no están muy concentradas geográficamente ya existen industrias de trilla y harina en varias regiones del país. Dichas emisiones por consumo eléctrico y de combustibles son fundamentales para los procesos de transformación del maíz. Por esta razón este eslabón solo cumple con tres de cinco criterios para evaluar niveles de emisión, por ende, el nivel de emisión se estima medio (3).



# EMISIONES DE GEI PARA LA CADENA DE VALOR DEL MAÍZ

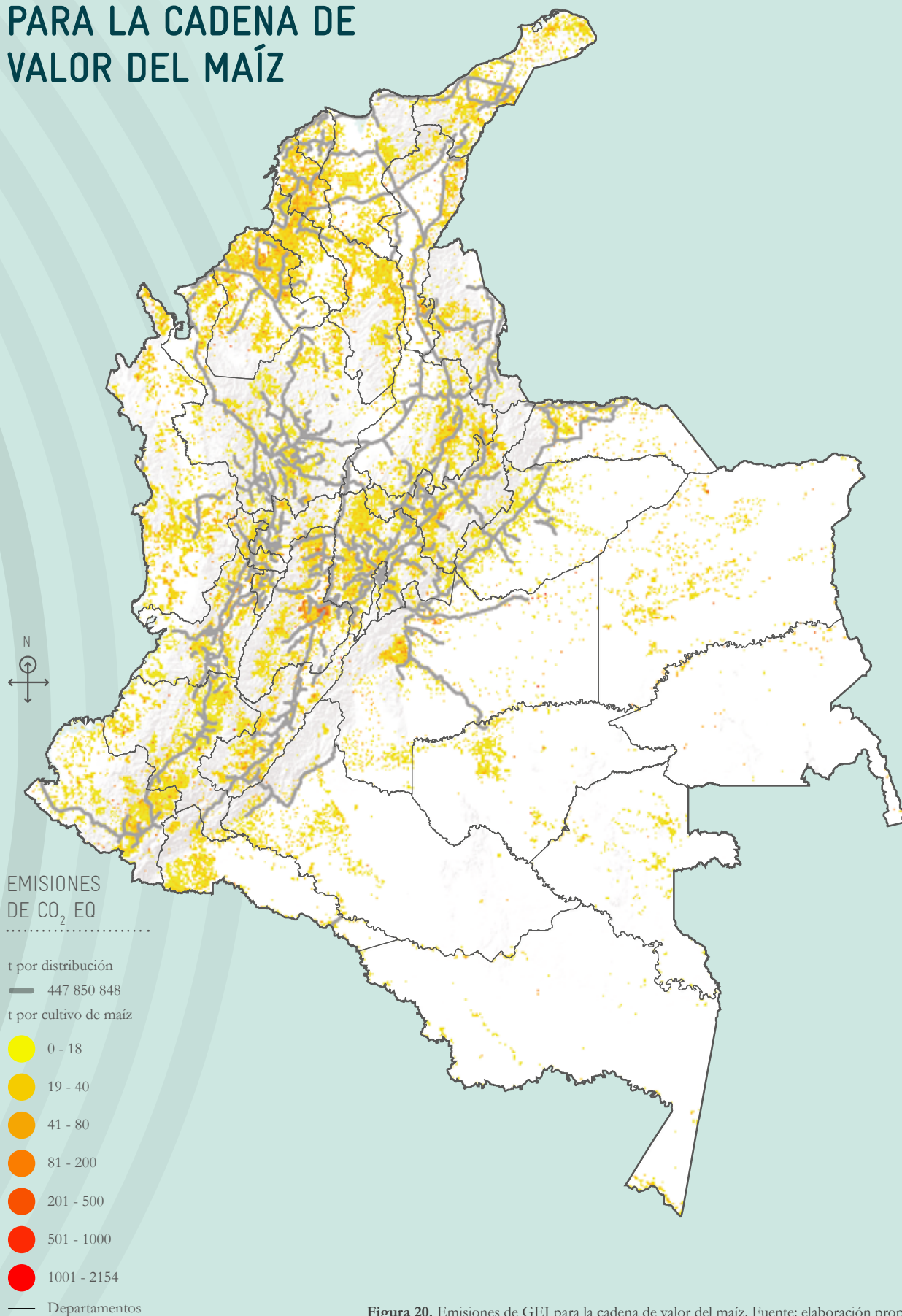


Figura 20. Emisiones de GEI para la cadena de valor del maíz. Fuente: elaboración propia.

El potencial de mitigación del maíz en producción primaria ha sido ampliamente estudiado, existen medidas ya desarrolladas y estudiadas para Colombia para reducir emisiones en este cultivo. Se considera que las medidas desarrolladas tienen un potencial limitado para reducir las emisiones propias del cultivo de acuerdo a lo estimado por De Pinto *et al.* (2014) para manejo eficiente de la fertilización. El poco potencial está concentrado en zonas con alto consumo de fertilizante nitrogenado como Valle del Cauca, Tolima, Sucre, Córdoba y Meta. En zonas de la altillanura los sistemas de maíz, en muchos casos son rotados con el cultivo con soya, lo que tiene como consecuencia una menor necesidad por fertilizantes nitrogenados, por ende, algunas áreas ya optimizan el uso de nitrógeno como nutriente vegetal. Dentro de los instrumentos de política especialmente el PAS de agricultura y el borrador del plan sectorial de cambio climático para el sector se incluye medidas asociadas al manejo eficiente fertilizantes, sin embargo, se considera el maíz solo tangencialmente. Otras medidas asociadas al manejo del suelo como son la agricultura de conservación pueden aumentar dicho potencial, pero la aplicabilidad es desconocida ya que no ha habido estudios sobre la viabilidad de dichas medidas para toda Colombia. Las emisiones provenientes del maíz son fundamentales para la actividad productiva debido a que están íntimamente relacionadas con la nutrición de la planta. De acuerdo a esto se considera que el potencial de mitigación en la producción primaria en maíz es medio (3).

Sobre el potencial de mitigación de la fase de distribución de maíz se desconoce mucha información clave. No existen medidas puntuales desarrolladas para el transporte de maíz, pese a que las tradicionales medidas asociadas al transporte de carga aplican y pese a que las emisiones de este eslabón son significativas. Debido a que no hay medidas desarrolladas no es posible determinar su potencial particular de cara a las emisiones por distribución de maíz, aunque se estima relevante dada la gran cantidad de materia prima que se mueven en dicho eslabón. La tendencia de las emisiones no es clara, debido a que si bien los aumentos de material importado requieren más transporte la incorporación natural de moto-

res más eficientes pueden reducir la carbono intensidad del transporte. Sin embargo, instrumentos de política como el PAS de transporte desarrollado en el marco de la ECDBC y los documentos de soporte de la NDC desarrollan medidas que podrían disminuir las emisiones en este eslabón como lo son la modernización de la flota de carga. Estas medidas de estos instrumentos pueden generar co-beneficios importantes como mejor calidad de aire. Bajo estos criterios se considera que el potencial de mitigación es medio (3).

El potencial de mitigación en cuanto a transformación no es conocido, debido a que existen muchas dudas sobre el nivel de emisiones. No existen medidas desarrolladas ni estudiadas específicamente para la transformación del maíz, a pesar de que medidas de eficiencia energética puedan aplicar, su pertinencia en las industrias de derivados del maíz es desconocida. Pero se puede inferir que, dada la diversidad de industrias, en algunas de estas puede existir un potencial significativo en medidas de eficiencia energética. La tendencia de las emisiones en este eslabón seguramente es creciente debido a las crecientes demandas de concentrados en el sector de alimentación animal. Las medidas de reducción de la carbono-intensidad de la energía colombiana contempladas en instrumentos como el plan de cambio climático del sector minero-energético puede reducir indirectamente las emisiones de la transformación del maíz. A su vez mejoras de eficiencia en el consumo de combustibles fósiles y reemplazo de ciertos combustibles por otros son opciones que vale la pena evaluar. A partir de esos criterios se considera que el potencial de mitigación es medio (3)

Los riesgos climáticos a su vez se concentran en la producción agrícola del producto y en el transporte, fundamentalmente en aquel que transita sobre vías terciarias, es decir la distribución primaria entre zonas productores y los primeros centros de acopio y entre los centros de acopio de productos terminados y las unidades productoras que también consumen. Los riesgos asociados a regulaciones de desarrollo bajo en carbono podrían encarecer las operaciones en campo a través de precios más elevados de combustible y fertilizantes.





El riesgo en el que se encuentra es eslabón primario de la cadena de valor es alto (4). El daño previsto es tanto intenso como extenso. Se prevén fuertes pérdidas de rendimientos en casi todos los grandes centros productivos del cultivo. A su vez la relevancia del maíz a nivel económico es alta, muchas familias dependen del cultivo (391 000) siendo la tercera en importancia entre las 5 analizadas. Este cultivo explica el 5 % del PIB agropecuario. Sin embargo, no se prevén riesgos transicionales particularmente altos para el cultivo del maíz, esto podría variar si se da una política de reemplazo de importaciones lo cual implicaría aumentos en el área y productividad del maíz acarreado potenciales impactos negativos en ecosistemas naturales. Por su parte los riesgos climáticos en la fase de distribución son difíciles de estimar, se considera que en ciertos lugares las afectaciones del clima pueden afectar la cadena de valor de distribución como en el caso del transporte desde los centros de importación en el norte de Colombia hacia centros de transformación en el centro. Por ende, se considera que si bien los impactos pueden ser intensos en ciertas partes no son extensos para todas las vías utilizadas por el maíz. La relevancia económica de este eslabón es desconocida, pero se estima importante por la cantidad de

materia transportada. En general la cadena de valor genera 126 000 empleos siendo la que menos empleo genera dentro de las analizadas. Los riesgos transicionales de regulaciones bajo en carbono pueden repercutir en aumentos de costos en el transporte por razón del encarecimiento del combustible. De acuerdo a esto el nivel de riesgo se estima medio (3).

En cuanto a los riesgos climáticos de la transformación se considera que, si bien no se conoce mucho sobre estos, el nivel de intensidad y extensión del daño previsto es mínimo. Sin embargo, como se ha mencionado la importancia económica es alta debido a sus encadenamientos productivos con la industria pecuaria. Se desconoce los niveles de empleo que existen en la industria transformadora, pero se estiman importantes. No se vislumbran riesgos transicionales para este eslabón, pero se requiere profundizar sobre este tema. Bajo estos criterios se estima bajo (2) el nivel de riesgo del eslabón de transformación.

El potencial de adaptación del maíz en producción primaria se estima muy alto (5). Esto debido a que existe una buena valoración del riesgo en este eslabón como se demostró en el análisis

de información existente. A su vez, existen trabajos en múltiples zonas del país donde se han desarrollado medidas de adaptación basadas en las particularidades locales. Se considera que las medidas desarrolladas tienen la capacidad de disminuir sustancialmente el riesgo en las zonas más afectadas en especial nuevas variedades resistentes a extremos climáticos y una mejora en la gestión de los suelos. Para este eslabón puntual se pueden desarrollar medidas puntuales que disminuyan la sensibilidad en zonas donde se prevén impactos. Se considera que en los instrumentos de política de cambio climático consideran al maíz, al igual que otros cultivos transitorios como el arroz, como prioridades para la adaptación.

En cuanto a la fase de distribución, se considera que no existen estudios puntuales de riesgo sobre el eslabón, así mismo se carece de medidas puntuales desarrolladas para las particularidades de la distribución del maíz. Por ende, se desconoce si las medidas generales pueden realmente disminuir el riesgo del eslabón. Sin embargo, es posible desarrollar medidas puntuales si se realizan levantamientos de información en zonas específicas. Esto se suma a un interés por parte de las instituciones de mejorar los niveles de riesgo del transporte de carretera, lo que se manifiesta en el plan de cambio climático del sector transporte. Por ende, se estima que el potencial de adaptación es bajo (2). El potencial de adaptación en la fase de transformación se estima muy bajo (1). Eso debido a que no existen valoraciones de riesgo para este eslabón y no se han desarrollado medidas puntuales de acuerdo a la búsqueda realizada. Debido a esto se desconoce si las medidas puedan disminuir sustancialmente el riesgo en la fase de transformación. Sin embargo, se considera que es posible desarrollar medidas si se levanta información suficiente acerca de los factores de riesgo a nivel específico de empresas dedicadas a la transformación del

maíz. Ahora bien, es de reconocer que no existen desarrollos importantes a nivel de política pública en materia de adaptación para la fase de transformación la cual se basa en procesos industriales.

A continuación, se presenta la tabla 6, donde se sintetizan los valores de la evaluación cualitativa desarrollada.

Además de los criterios previamente señalados existen otros elementos que pueden ayudar a interpretar la situación de la cadena de valor respecto al cambio climático como se puede observar en el anexo 1. En el caso del maíz se resalta que la experiencia en recolección de información climática es muy alta, ya que cuenta con más de 7 años de experiencia en la recolección de información climática y el uso de esta para la toma de decisiones. El nivel de consolidación este se considera bajo, el nivel de recaudo es bajo y aunque el sector cuenta con apoyo institucional y un sistema de semillas y provisión de insumos formalizado, hay un alto grado de informalidad en la producción. Esto se suma a una dinámica de mercado decreciente, en riesgo por importaciones. Existe un interés importante por parte de las instituciones para trabajar en cambio climático y maíz debido a la importancia de este cultivo en la seguridad alimentaria del país. A su vez el gremio manifiesta bastante interés que se manifiesta en más de siete años de trabajo en la temática.

Los esfuerzos en mitigación y adaptación que se realicen maíz pueden integrarse con otras iniciativas como maíz visión 2030. El cultivo ha sido priorizado en PIGCC del sector agropecuario y dentro de diferentes planes de cambio climático territoriales como el de la Orinoquía. En cuanto a su relevancia socioeconómica se puede concluir que es una cadena de valor priorizada en el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Transformación Productiva.

Cadena de valor del Maíz	Emisiones	Potencial de mitigación	Riesgos climáticos	Potencial de adaptación
Producción Primaria	3	3	4	5
Distribución	3	3	3	2
Transformación	3	3	2	1

**Tabla 9.** Síntesis de la evaluación cualitativa para la cadena de valor del maíz.

# REFERENCIAS

1. Agro-Bio. (21 de noviembre de 2019). Transgénicos en Colombia. Obtenido de <https://www.agrobio.org/hectareas-cultivos-transgenicos-colombia-2019/>
2. CAN. (1994). Sistema Andino de Franjas de Precios (SAFP). Obtenido de Reglas para determinar los Precios Piso y Techo del maíz: <http://www.comunidadandina.org/Seccion.aspx?id=152>
3. Chaparro, A. (2011). CULTIVOS TRANSGÉNICOS: ENTRE LOS RIESGOS BIOLÓGICOS Y LOS BENEFICIOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS. Acta Biológica Colombiana, 231-252.
4. CIMMYT & CIAT. (2019). Maíz para Colombia - Visión 2030.
5. Deras Flores, H. (2010). Guía técnica. El cultivo del maíz. San Salvador: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
6. Dickerson, G. W. (febrero de 2003). Specialty Corns. Endosperm distribution in five types of corn kernels. College of Agriculture, Consumer and Environmental Sciences New Mexico State University. Guide H-232.
7. Dinero. (23 de mayo de 2018). Mercado de semillas mueve más de \$200.000 millones en Colombia. Obtenido de Agricultura: <https://www.dinero.com/edicion-impres/pais/articulo/asi-es-el-mercado-de-semillas-en-colombia/258614>
8. Semana. (30 de enero de 2019). Alimentos Popular quiere comprar la cosecha de maíz de El Espinal. Obtenido de <https://www.semana.com/edicion-impres/pais/articulo/asi-es-el-mercado-de-semillas-en-colombia/258614/>
9. El tiempo. (23 de junio de 2019). Economía. Obtenido de Gasto en arepas crece 5 % anual y se ubica en \$ 505.000 millones: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/consumo-venezolano-impulsa-crecimiento-de-ventas-de-arepa-en-colombia-379798>
10. FAO. (2019). Producción y productos avícolas. Obtenido de <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
11. Fenalce. (2007). Producción de harinas precocidas de maíz. Bogotá.
12. Fenalce. (2010). El cultivo del maíz, historia e importancia. El Cerealista, 19.
13. Fenalce. (2011). Aspectos técnicos de la producción de maíz en Colombia. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19418>
14. Fenalce. (2019). El Cerealista. Coyuntura No. 61, 44.
15. Fenalce. (2019b). Fenalce contribuye a aumentar la oferta de semillas con tecnología. El Cerealista Edición No 130, 48.
16. Fundación Carlos Slim. (17 de marzo de 2016). Nuevos productos hechos a base de frijol, maíz y amaranto reducen riesgo de cáncer. Obtenido de <https://salud.carlosslim.org/nuevos-productos-hechos-a-base-de-frijol-maiz-y-amaranto-reducen-riesgo-de-cancer/>
17. LegisComex. (2016). Inteligencia de Mercados - Informe sectorial de alimentos para animales en Colombia. Obtenido de <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/informe-sectorial-alimentos-para-animales-colombia-2016.pdf>
18. León, A. E., & Rosell, C. M. (2007). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba - Argentina.



19. MADR. (2018). Cifras sectoriales Cadena de Alimentos Balanceados. Bogotá: Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadena – SIOC
20. Martínez, O. (26 de julio de 2017). 6to. Foro de logística de gráneles sólidos. Panel portuario: las operaciones portuarias en el mercado de gráneles sólidos y su impacto en la competitividad [Diapositivas de PowerPoint]. Obtenido de <https://docplayer.es/63863488-6to-foro-de-logistica-de-graneles-solidos.html>
21. Mintransporte. (2018). Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga SICE-TAC. Obtenido de <https://www.Mintransporte.gov.co/publicaciones/4462/sice-tac/>
22. Nielsen. (06 de junio de 2016). MARKETS AND FINANCES. Recuperado de HÁBITOS DE DESAYUNO DE LOS HOGARES COLOMBIANOS: <https://www.nielsen.com/co/es/insights/article/2016/habitos-de-desayuno-de-los-hogares-colombianos/>
23. Portafolio. (08 de julio de 2018). Importaciones de maíz crecerían 40 por ciento al 2026. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/importaciones-de-maíz-crecerian-40-por-ciento-518839>
24. SIC. (2010). Cadena productiva del maíz. Obtenido de [http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch\\_down\\_load/CadenaMaizSIC.pdf](http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/CadenaMaizSIC.pdf)
25. Tres Castillos. (14 de abril de 2018). Tendencias que cambian el panorama de los negocios. Obtenido de <https://3castillos.com/actualidad/tendencias-que-cambian-el-panorama-de-los-negocios/>
26. UNAL. (15 de abril de 2019). Variabilidad de maíces en Colombia es mayor de lo que se creía. Agencia de Noticias UN.
27. Acosemillas. (2018). *Evolución ventas semilla de maíz certificado frente al área de maíz tecnificado sembrado en Colombia.*
28. Agro-Bio. (21 de Noviembre de 2019). *Transgénicos en Colombia.* Obtenido de <https://www.agrobio.org/transgenicos-en-colombia-2/#.XjM-NlRNKicY>
29. Watson, S. (1991). Structure and Composition. (I. S. American Association of Cereals Chemists, Ed.) *Corn Chemistry and Technology*, 53-82.
30. SIC. (2010). *Cadena productiva del maíz.* Obtenido de [http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch\\_down\\_load/CadenaMaizSIC.pdf](http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/CadenaMaizSIC.pdf)
31. UPRA. (29 de enero de 2016). Obtenido de Gremio maicero respalda mapa de zonificación UPRA: [https://upra.gov.co/sala-de-prensa/noticias/-/asset\\_publisher/GEKyUuxHYSXZ/content/gremio-maicero-respalda-mapa-de-zonificacion-upra](https://upra.gov.co/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/GEKyUuxHYSXZ/content/gremio-maicero-respalda-mapa-de-zonificacion-upra)

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Acosemillas	Asociación Colombiana de Semillas y Biotecnología
Agro-Bio	Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola
Agrosavia	Corporación colombiana de investigación agropecuaria
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DSSAT	<i>Decision-Support System for Agro-technology Transfer</i>
ECOCROP	Crop Ecological Requirements Database
Fenalce	Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
Legiscomex	Literatura y soluciones en software jurídico para empresas y universidades
Minagricultura	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Minambiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
NDC	<i>Nationally determined contributions</i> Contribuciones determinadas a nivel nacional.
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (hoy OnuAmbiente)
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SAFP	Sistema Andino de Franja de Precios
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
TCN	Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (Colombia)
UNAL	Universidad Nacional de Colombia
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

## LISTA DE FIGURAS

1. Mapa de la cadena de valor del maíz en Colombia	20
2. Producción maíz tecnificado vs. tradicional (t) entre 2000 – 2018	25
3. Rendimientos por tipo de maíz (2016-2019)	26
4. Estructura de costos en el cultivo de maíz tecnificado	27
5. Precio de maíz amarillo en zona de producción o centro de acopio, 2018	29
6. Precio de maíz blanco en zona de producción o centro de acopio - 2018	29
7. Dinámica de las importaciones de maíz amarillo y blanco	32
8. Importaciones de maíz amarillo por departamento (2014-2018)	32
9. Importaciones maíz amarillo a Antioquia por puerto de llegada (2014-2018)	33
10. Importaciones de maíz blanco por departamento (2014-2018)	33
11. Importaciones nacionales de maíz blanco por puerto de llegada (t) 2014-2018.	33
12. Distribución del endospermo en cinco tipos de granos de maíz	35
13. Flujo del sector de alimentos balanceados	37
14. Demanda de maíz amarillo y blanco entre 2007 y 2016.	39
15. Producción de alimentos balanceados (t) 2019	39
16. Evaluación de la idoneidad climática presente vs. futuro del maíz	67
17. Áreas de maíz y pobreza multidimensional municipal	70
18. Nivel de amenaza de vías y zonas de presencia de maíz a nivel nacional.	73
19. Emisiones y riesgos de la cadena de valor del maíz	85
20. Emisiones de GEI para la cadena de valor del maíz	88

## LISTA DE TABLAS

1. Principales empresas importadoras y comercializadoras de semillas en Colombia	23
2. Superficie y producción por tipo de maíz: 2018 y 2019	25
3. Principales departamentos en área sembrada de maíz tecnificado en Colombia, 2018	27
4. Tipos y características estructurales del maíz	35
5. Principales empresas harineras en Colombia	36
6. Cuellos de botella en la cadena de valor nacional del maíz	44
7. Variables requeridas para la determinación de emisiones en el eslabón de producción primaria de maíz	77
8. Actividades de transformación y emisiones para la elaboración de un paquete de pasabocas en Estados Unidos	83
9. Síntesis de la evaluación cualitativa para la cadena de valor del maíz	91



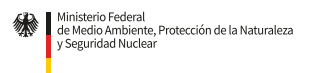
Alliance



Implementado por

**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



de la República Federal de Alemania