



**El futuro
es de todos**

**DNP
Departamento
Nacional de Planeación**

**Producto 5179 —Documento Final - *Lineamientos técnicos para el programa
de agricultura baja en carbono***

**Producción y Desarrollo Rural
Dirección de Desarrollo Rural Sostenible**

Angie Paola Zamudio Villareal

**Mayo de 2022
Bogotá D.C.**



Resumen ejecutivo

A pesar de los avances de la Política de Crecimiento Verde como un instrumento que contribuye a reducir los impactos ambientales de las actividades productivas que soportan el desarrollo económico del país, Colombia continúa siendo afectada negativamente por el cambio climático. Como evidencia de lo anterior, se tienen las escalas temporales¹ de las sequías, las lluvias, el aumento de la temperatura y los cambios de precipitación, que inciden negativamente en la productividad agrícola.

Es por esto que se hace indispensable mejorar la competitividad y resiliencia del sector agrícola, contribuyendo así a mantener la seguridad alimentaria en el país. Lo anterior se da en desarrollo de las directrices de la *Línea C. Colombia resiliente: conocimiento y prevención para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático* del *Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo* de las Bases del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022, *Pacto por Colombia*, *Pacto por la Equidad*. También, esto aporta al avance en el cumplimiento de los compromisos adquiridos en el Marco del Acuerdo de París, especialmente aquellos relacionados con la reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), así como en el marco de la adaptación de los diferentes sectores ante los impactos y efectos del cambio climático.

Por lo anterior, el presente documento establece los lineamientos técnicos para el programa de agricultura baja en carbono e implementación del proyecto de Iniciativas climáticamente inteligentes para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad en sistemas productivos agropecuarios priorizados.

Lo anterior permitirá contrarrestar la baja capacidad técnica del sector agropecuario para reducir la vulnerabilidad de la producción agropecuaria ante los fenómenos de variabilidad y cambio climático. Al respecto, esta condición es causada fundamentalmente por (i) la reducida oferta tecnológica y de servicios climáticos para la adaptación y mitigación de sistemas productivos agropecuarios al cambio climático; (ii) la baja implementación de técnicas de manejo de cultivos y de otras opciones tecnológicas para promover el desarrollo agrícola bajo en carbono y para aumentar la resiliencia de los sistemas frente a la variabilidad

¹ Las escalas temporales en relación con el clima hacen referencia a los períodos de tiempo necesarios para que los efectos adversos por la variabilidad climática se superen y el receptor vuelva a su estado original o básico



climática, y (iii) el reducido desarrollo de modelos de negocio innovadores e incluyentes, que promuevan la agricultura climáticamente inteligente.

En últimas, la ejecución del proyecto permitirá reducir la vulnerabilidad de la producción agrícola ante las amenazas climáticas, minimizando así los impactos en la competitividad del sector. Esta menor vulnerabilidad se traduce, además, en una disponibilidad adecuada y estable de alimentos de calidad mediante el fortalecimiento de la gestión del riesgo climático, al tiempo que se reducen las emisiones de GEI de la producción agropecuaria en ocho cadenas priorizadas² de importancia estratégica en términos de (i) seguridad alimentaria; (ii) generación de empleo rural; (iii) exportaciones; (iv) participación en el producto interno bruto (PIB), y (v) mejoramiento de los ingresos y calidad de vida de los productores rurales.

Finalmente, el proyecto tiene tres componentes principales para lograr este objetivo: (i) agricultura digital y servicios climáticos para la modernización rural con énfasis en adaptación y mitigación; (ii) mejora genética, técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas escalables para aumentar la resiliencia climática y promover el desarrollo agrícola bajo en carbono; (iii) modelos de negocios innovadores e inclusivos a través de sistemas modernos de innovación y un mayor compromiso del sector financiero.

² Ganadería bovina, papa, caña panelera, arroz, caña de azúcar, maíz, café y banano.



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	11
3. JUSTIFICACIÓN	16
3.1. Justificación técnica	17
3.1.1. Reducida oferta tecnológica y de servicios climáticos para la adaptación y mitigación de sistemas productivos agropecuarios al cambio climático	19
3.1.2. Baja implementación de técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas para promover el desarrollo agrícola bajo en carbono y para aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a la variabilidad climática.....	21
3.1.3. Limitados desarrollos de modelos de negocio innovadores e incluyentes, que promuevan la agricultura climáticamente inteligente	24
3.2. Justificación económica y social.....	27
3.2.1. Identificación de beneficios.....	30
3.2.2. Análisis de sensibilidad	32
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	36
4.1. Objetivo	36
4.2. Objetivos específicos	36
4.3. Componentes	37
4.3.1. Componente 1. Agricultura digital y servicios climáticos para la modernización rural con énfasis en adaptación y mitigación	37
4.3.2. Componente 2. Mejora genética, técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas escalables para aumentar la resiliencia climática y promover el desarrollo agrícola bajo en carbono	38
4.3.3. Componente 3. Modelos de negocios innovadores e inclusivos a través de sistemas modernos de innovación y un mayor compromiso del sector financiero	39
4.4. Capacidad institucional	40
4.5. Seguimiento y evaluación	41
4.5.1. Indicadores del programa:.....	41
ANEXOS	1



Anexo A. Matriz de resultados..... 1

BIBLIOGRAFÍA..... 1



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales riesgos en las diferentes regiones y cultivos relacionados con el proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Valoración económica de los beneficios derivados de la adopción de tecnología.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Emisiones de GEI con y sin ejecución del proyecto de inversión por cosecha	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Emisiones de GEI con y sin ejecución del proyecto de inversión por actividad agraria	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Valoración económica de los beneficios asociados a la reducción de emisiones de GEI	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Número de beneficiarios directos por cultivo y área total (Ha) cubierta por el proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Resultados del análisis económico	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Resultados del análisis financiero	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. Resultados del análisis de sensibilidad (TIR y VPN) según SCC	¡Error! Marcador no definido.
Marcador no definido.	
Tabla 10. Resultados del análisis de sensibilidad. Sensibilidad de la TD con relación al VPN	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Indicadores del programa	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12. Indicadores básicos	45
Tabla 13. Impactos a nivel de fondo.....	47
Tabla 14. Resultados a nivel de fondo.....	¡Error! Marcador no definido.0
Tabla 15. Indicadores de desempeño	54
Tabla 16. Actividades por resultado	¡Error! Marcador no definido.



SIGLAS Y ABREVIACIONES

AB-CIAT	Alianza Biovercity – Centro Internacional para la Agricultura Tropical
Amtec	Adopción Masiva de Tecnología
Asbama	Asociación de Bananeros del Magdalena y la Guajira
Asocaña	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia
Asohofructol	Asociación Hortifrutícola de Colombia
Augura	Asociación de Bananeros de Colombia
CDB	Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica
Cenicafe	Centro Nacional de Investigaciones de Café
Cenicaña	Centros de Investigación como el Centro de Investigación de Caña de Azúcar
CIAT	Centro Internacional para la Agricultura Tropical
Cmnucc	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNA	Censo Nacional Agropecuario de Colombia
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ENAM	Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Fedearroz	Federación Nacional de Arroceros
Fedecafe	Federación Nacional de Cafeteros
Fedegan	Federación Colombiana de Gabaderos
Fedepapa	Federación Colombiana de Productores de Papa
Fenalce	Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Ha	Hectárea
MFMP	Marco Fiscal de Mediano Plazo
MGMP	Marco de gasto de Mediano Plazo
NDC	Contribución Nacionalmente Determinada



PIB	Producto Interno Bruto
PMC	Costos Gerencia del Proyecto
PND	Plan Nacional de Desarrollo
SCC	Costo Social del Carbono
tCO ₂ e	Tonelada de dióxido de carbono equivalente
TD	Tasa de Descuento
TIR	Tasa Interna de Retorno Económica
TIRM	Tasa Interna de Retorno Económica Modificada
USD/tCO ₂ e	Dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente
VPN	Valor Presente Neto



1. INTRODUCCIÓN

La relación entre cambio climático³ y agricultura es bidireccional, en ese sentido, las acciones que se desplieguen en este contexto impactan la seguridad alimentaria, la calidad de vida de los productores del campo, la competitividad del sector y su adaptación al calentamiento global. Por lo tanto, se requiere que los sistemas agroalimentarios sean más eficientes, hagan un mejor uso de los recursos, sean integrales y reduzcan las pérdidas de alimentos, de esta forma, se facilita la prevención, mitigación o hacer frente a los riesgos climáticos, incrementando así su resiliencia.

En este marco, se ha identificado que el sector agropecuario colombiano presenta una baja capacidad técnica para reducir su vulnerabilidad al cambio climático, lo cual repercute en su competitividad y productividad, en gran medida debido a: (i) una reducida oferta tecnológica y de servicios especializados hacia la adaptación de los sistemas productivos agropecuarios para mitigar los efectos de la variabilidad climática; (ii) la baja implementación de técnicas de cultivo que incrementen la resiliencia de los sistemas; (iii) el reducido espectro de modelos de negocio innovadores e incluyentes, que promuevan la agricultura climáticamente inteligente.

Ahora bien, la vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático incide de forma relevante en las condiciones agroecológicas, la producción alimentaria y la calidad de vida de los productores rurales, en especial, teniendo en cuenta que en 497 municipios del país la producción agropecuaria presenta un alto nivel de riesgo frente al cambio climático y en 5 municipios se evidencian niveles muy altos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). En consecuencia, eventos como el Fenómeno de El Niño y La Niña han afectado considerablemente al sector⁴, ocasionando grandes pérdidas.

³ El cambio climático implica que se presenten alteraciones en las épocas de lluvia o sequía, desplazamientos de zonas climáticas, cambios en los patrones de precipitación, aparición e incremento de plagas y enfermedades, y acontecimientos meteorológicos extremos, entre otros.

⁴ Los eventos con mayor intensidad recientes y que para el caso del Fenómeno de El Niño, ocurrido en el período 1997-1998, ocasionaron pérdidas del orden de los USD 480 millones (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 1999). Se identificaron efectos directos reflejados en la reducción de rendimientos agrícolas, retrasos en las épocas de siembra, reducción e incluso abandono de áreas de cultivo, le elevación de costos de producción e incremento coyuntural en el precio de los alimentos (Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021). Por su parte, durante el Fenómeno de La Niña, ocurrido en 2010, se registraron pérdidas correspondientes a las afectaciones causadas por las inundaciones en los cultivos (transitorios y permanentes) del 91 %; disminución en la producción de carne bovina y de leche del 5 %, en peces y crustáceos del 4 % y en avicultura industrial del 0,6 % (Banco Interamericano de Desarrollo y Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2012).



Por lo tanto, contrarrestar la mencionada vulnerabilidad al cambio climático y generar un sector bajo en emisiones, asegurando por esta vía una mayor productividad, es un reto de vital importancia para el país y su seguridad alimentaria. En ese sentido, en el país se han adelantado varias iniciativas para lograrlo. Desde el año 2012 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural viene implementando el Programa *Clima y Sector Agropecuario* a través del cual se promueven acciones para una agricultura sostenible en un clima cambiante para los sistemas agropecuarios en Colombia.

Igualmente, se han implementado iniciativas orientadas a la reducción de las pérdidas en la producción, al incremento de la productividad y competitividad sectorial con criterios de sostenibilidad ambiental, así como a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con sistemas productivos de baja huella hídrica y de carbono, y a la reconversión de actividad productiva agropecuaria en zonas de importancia ambiental estratégica, tales como los páramos y humedales. Esto se ha evidenciado en los proyectos de inversión formulados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, aprobados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) que están vigentes hasta el año 2027⁵ y 2028⁶.

Asimismo, con el fin de replicar buenas prácticas y lecciones aprendidas a partir de los esfuerzos realizados por el Gobierno nacional en los proyectos de inversión mencionados y en otras iniciativas, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural junto a algunos aliados estratégicos⁷ formuló un proyecto de orden nacional para avanzar en el desarrollo de la agricultura baja en carbono y resiliente al cambio climático en Colombia, denominado *Iniciativas climáticamente inteligentes para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad en sistemas productivos agropecuarios priorizados*, el cual se gestionó como parte del portafolio de proyectos priorizados en el país, liderado por el DNP con la

⁵ Código BPIN N° 2019011000193.

⁶ Código BPIN N° 2018011000228.

⁷ Alianza de *Bioversity International*, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y los gremios de la producción. Banano: Asociación de Bananeros del Magdalena y La Guajira (Asbama) y la Asociación de Bananeros de Colombia (Augura); plátano: Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol); caña de azúcar: Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña) y el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña); caña panelera: Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela); café: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Fedecafé) y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé); papa: Federación de Papa (Fedepapa); arroz: Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz); maíz: Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (Fenalce) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt); ganadería: Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegan) y el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (Cipav), y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) para todos los cultivos.



participación de los Ministerios de Hacienda y Crédito Público, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Relaciones Exteriores y la Agencia Presidencial para la Cooperación Internacional.

En reconocimiento de lo anteriormente descrito, el proyecto formulado responde a la problemática y trasciende tanto a la ganadería como a los cultivos específicos, adoptando un alcance nacional. Mediante su ejecución se espera lograr: (i) implementar sistemas de agricultura digital y servicios climáticos para modernizar los servicios de extensión agropecuaria y proveer recomendaciones de adaptación y mitigación que apoyen la reducción de los riesgos agroclimáticos y la pérdida de cultivos, al tiempo que se estimula un sector con bajas emisiones; (ii) desarrollar, validar y escalar tecnologías como el mejoramiento genético, manejo de cultivos y otras, para aumentar la resiliencia y un desarrollo agropecuario bajo en carbono, y (iii) fortalecer las capacidades de productores, técnicos e instituciones para la adopción e implementación de la tecnología, y proponer nuevos modelos de negocio a partir de la adopción masiva de tecnologías bajo consideraciones ambientales, sociales y de género.

La ejecución del proyecto se espera contribuir significativamente en las metas de adaptación y aportar en las acciones de mitigación del sector agropecuario en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés); llegando a nueve sectores productivos de importancia estratégica en términos de (i) seguridad alimentaria; (ii) generación de empleo rural; (iii) exportaciones; (iv) participación en el producto interno bruto (PIB), y (v) mejoramiento de los ingresos y calidad de vida de los productores rurales.

Este documento se desarrolla en cuatro secciones, incluida la presente introducción. En la segunda sección se exponen los antecedentes que dan lugar a la formulación del programa objeto del documento. En tercer lugar, se presenta la justificación técnica, económica y social. En la cuarta sección se presenta la descripción del proyecto, incluyendo los componentes, capacidad institucional, mecanismos de ejecución, e indicadores, entre otros aspectos.

2. ANTECEDENTES

Esta sección presenta, de manera general, las políticas y la normatividad relacionada con la reducción de la vulnerabilidad del sector agropecuario frente a los fenómenos de variabilidad y cambio climático, y que dan lugar a la formulación del proyecto *Iniciativas climáticamente inteligentes para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad en sistemas productivos agropecuarios priorizados*.



Respecto a los acuerdos internacionales en la materia, Colombia, cumpliendo con su compromiso con el desarrollo de estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático en el sector agropecuario, ha suscrito un importante número de acuerdos y convenios relacionados con variabilidad climática y sostenibilidad ambiental, para promover sistemas productivos sostenibles que garanticen la conservación de los recursos naturales.

Lo anterior se enmarca en la implementación de los lineamientos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Cmnucc), adoptada en 1994, con el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas⁸ en el sistema climático. Así, la Convención establece un marco general para los esfuerzos intergubernamentales con el fin de hacer frente a los desafíos provocados por el cambio climático.

De igual manera, como extensión del Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (CDB), adoptado por Colombia en el año de 1995 en el Marco Mundial de la Diversidad Biológica, acogido en la decimoquinta Conferencia de las Partes del CDB, se definieron los siguientes objetivos: (i) conservación y preservación de la naturaleza y sus servicios esenciales; (ii) generación de contribuciones basadas en la naturaleza para la mitigación del cambio climático, de tal manera que lleguen al menos a 10 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente cada año, y (iii) la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

Posteriormente, en 1997, en el desarrollo de la Cmnucc, se generó el Protocolo de Kioto, mediante el cual los países desarrollados se comprometieron a reducir en un 5 % sus emisiones de GEI, respecto a las emisiones del año 1990. Más de una década después, y considerando que los resultados no eran suficientes para contrarrestar los impactos del cambio climático, se promovió en el año 2015 la suscripción del Acuerdo París⁹ con el objetivo de impulsar la adaptación al cambio climático, incrementar la resiliencia y reducir las emisiones de GEI.

Por su parte las NDC, como herramientas principales del Acuerdo de París, reflejan los esfuerzos de cada país para avanzar en el cumplimiento de la reducción de las emisiones y en la adaptación al cambio climático. Colombia, en

⁸ Según las Naciones Unidas para el Cambio Climático, se refiere a la prevención de la "peligrosa" interferencia humana en el sistema climático, mediante actividades humanas cotidianas el transporte a partir de combustibles derivados del petróleo, la agricultura y ganadería bajo modelos de deforestación, la quema de leña, los incendios forestales, la industria que usa energía basada en derivados del petróleo, entre otros.

⁹ En el marco de la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21) celebrada en París en 2015.



sintonía con el objetivo mencionado, se comprometió, inicialmente, a reducir sus emisiones en un 20 % a 2030, en conjunto con la implementación de medidas de adaptación al cambio climático. Dicha meta fue actualizada a finales del 2020, incrementando el compromiso hasta una reducción del 51 % de las emisiones, también para el 2030.

Por último, en el marco de la Vigésima Sexta Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26), llevada a cabo en 2021, el país ratificó el compromiso de reducir las emisiones de GEI en un 51 % para el año 2030, y se comprometió a alcanzar la neutralidad de carbono para el año 2050 y a declarar áreas protegidas el 30 % del territorio nacional en 2022.

Ahora bien, respecto a los avances normativos y de política pública en el país, con el fin de reducir la vulnerabilidad y el riesgo en el sector agropecuario ante los impactos negativos de la variabilidad y el cambio climático, el Gobierno de Colombia ha avanzado en la creación de un marco político, regulatorio y de planificación nacional orientado a fortalecer el desarrollo de la agricultura en un contexto cambiante del clima. A continuación, se presentan las normas y políticas más representativas.

En 2011 se aprobó el Documento CONPES 3700 *Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia*¹⁰, en el cual se establecen las directrices para formular un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. A partir de lo anterior, el sector agropecuario ha venido creando las condiciones técnicas y normativas para reducir la vulnerabilidad tanto de la población rural como de los sistemas productivos agropecuarios, mediante la incidencia en los procesos de planificación sectorial de forma que se tomen decisiones informadas, en función de los determinantes ambientales y las proyecciones climáticas.

En el 2014, en materia de mitigación, el sector agropecuario formuló su Plan de Acción Sectorial de mitigación de GEI con el objetivo de presentar soluciones técnicas para el sector y generar elementos para su priorización. El Plan desarrolló tres líneas estratégicas: (i) implementación e intensificación sostenible; (ii) innovación y desarrollo, e (iii) incentivos e instrumentos financieros. De esta forma, el Plan se constituyó como la herramienta principal para la reducción de las fuentes de emisión del sector agropecuario¹¹.

¹⁰ Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3700.pdf>

¹¹ De acuerdo con el Inventario Nacional y Departamental de GEI, realizado en 2016 por el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Departamento Nacional de



Igualmente, en el mismo año, el sector agropecuario elaboró una estrategia de adaptación a los fenómenos climáticos, cuyo objetivo es disminuir la vulnerabilidad de la producción agropecuaria frente a las amenazas climáticas para minimizar sus impactos sobre la competitividad del sector y la disponibilidad suficiente y estable de alimentos de calidad, por medio del fortalecimiento de la gestión del riesgo de climático (Departamento Nacional de Planeación y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014). La estrategia aborda tres ejes programáticos: (i) fortalecer la capacidad del país de gestionar información agroclimática; (ii) adaptar los sistemas productivos del sector agropecuario, pesquero y forestal a los fenómenos climáticos, y (iii) fortalecer las instituciones del sector agropecuario, pesquero y forestal en sus acciones relacionadas con la adaptación al cambio climático.

Por su parte, en el 2016 se creó el Sistema Nacional de Cambio Climático, mediante el Decreto 298 de 2016¹², con el fin de coordinar, articular, formular, hacer seguimiento y evaluar las políticas, normas, estrategias, planes, programas, proyectos, acciones y medidas en materia de adaptación al cambio climático y de mitigación de emisiones de GEI, cuyo carácter intersectorial y transversal implica la necesaria participación y corresponsabilidad de las entidades públicas del orden nacional, departamental, municipal o distrital, así como de entidades privadas y entidades sin ánimo lucro.

De igual manera, en 2016 se formuló el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que define la ruta para reducir los impactos del mismo en los sectores y los territorios, y propicia medidas de adaptación, incluyendo las siguientes acciones asociadas a la producción agropecuaria y seguridad alimentaria adaptadas al cambio climático: (i) identificación de cultivos que se verán afectados por el cambio de temperatura y precipitación, así como por inundaciones, erosión costera y continental, intrusión salina, sequía y demás efectos del cambio climático y la variabilidad climática; (ii) capacitar y difundir a pequeños y grandes productores nuevas tecnologías de cultivo y de riego con tolerancia a los cambios asociados al cambio climático; (iii) investigar en tecnología e innovación para agricultura climáticamente inteligente, y (iv) recuperar sistemas

Planeación, y la Cancillería, estos gases provienen en su mayoría de la fermentación entérica del metano (CH₄), especialmente la generada por el ganado bovino no lechero, el manejo del estiércol y el cultivo del arroz, y del óxido nitroso (N₂O) producto de la quema de sabanas, la quema en campo de residuos agrícolas y el manejo inadecuado de suelos agrícolas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).

¹² Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones.



productivos del saber tradicional que tiendan a mantener y/o aumentar la resiliencia frente al cambio climático.

En el mismo sentido, en 2017 se formuló la Política Nacional de Cambio Climático con la intención de incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera. En virtud de lo anterior, en materia sectorial se establece una línea estratégica de desarrollo rural resiliente al clima y bajo en carbono. En complemento, producto del Acuerdo de París, Colombia definió mediante la NDC, sus primeros compromisos frente a la Cmnucc.

Posteriormente, mediante la Ley 1931 de 2018¹³ se definieron lineamientos y acciones para la adaptación al cambio climático, así como para la mitigación de emisiones de GEI, con el objetivo, por una parte, de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país ante la variabilidad climática, y, por otra, promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono. De igual forma, la citada Ley define los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales como los instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y autoridades ambientales regionales, identifican, evalúan, priorizan y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de GEI, para ser implementados en el territorio. Lo anterior, partiendo del análisis de vulnerabilidad e inventario de GEI regionales, entre otros instrumentos identificados.

Por su parte, es en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022, *Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad*, donde se incorpora por primera vez el término de agricultura climáticamente inteligente como un instrumento de gestión sectorial para modernizar la agricultura y hacerla competitiva y sostenible a la vez. Específicamente, en el *Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo*, se establece la necesidad de generar sectores comprometidos con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático. Para el caso del sector agropecuario se define una meta asociada a la resiliencia y adaptación sectorial que se presenta en términos de *áreas con sistemas productivos agropecuarios priorizados que implementan iniciativas para la adaptación al cambio climático*. Esta parte de una línea base de 260.626 hectáreas (Ha) con producción agropecuaria sostenible y se propone llegar a 398.174 Ha con esta condición; es decir un incremento de 137.548 Ha nuevas.

¹³ Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático.



En esa misma dirección, durante el 2018 el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, apoyado en iniciativas de cooperación internacional, inició la segunda fase de la *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono* que incluye como objetivos: (i) empoderar y motivar a los sectores para tomar decisiones que reduzcan sus emisiones a futuro, alcanzando al mismo tiempo las metas de crecimiento que tienen y generando beneficios sociales, económicos y ambientales, y (ii) desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país con impacto en emisiones de GEI, así como de Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional y de proyectos emblemáticos de mitigación en cada sector.

Adicionalmente, y con el objeto de integrar las acciones de adaptación y mitigación, y disponer de un marco integrador, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural formuló el Plan integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario en el año 2020, cuyo fin primordial es orientar la implementación de las medidas que el sector agropecuario debe desarrollar para mitigar la generación de GEI y adaptarse al cambio climático (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

También, en cumplimiento de los compromisos adquiridos en el PND 2018-2022, se aprobó en 2021 el Documento CONPES 4058 *Política pública para reducir las condiciones de riesgo de desastres y adaptarse a los fenómenos de variabilidad climática*¹⁴ cuyo objetivo central es generar, a 2030, las capacidades para conocer y reducir el riesgo de desastres derivado de los fenómenos de variabilidad climática, buscando un desarrollo del país más resiliente, sostenible, productivo y competitivo. Asimismo, en dicho Documento CONPES se establecen directrices sectoriales específicas orientadas a fortalecer acciones en materia de sistemas de alertas tempranas; desarrollo de buenas prácticas agrícolas y tecnologías; capacidades técnicas para gestionar información agroclimática; consolidación de mesas agroclimáticas y de estrategias de financiamiento para el manejo de riegos; entre otros aspectos.

3. JUSTIFICACIÓN

A continuación se presentan los principales aspectos que sustentan el programa de agricultura baja en carbono, donde se realiza un análisis del problema, los desafíos y oportunidades que enfrenta el sector agropecuario para fortalecer y mejorar la capacidad de respuesta de las entidades, gremios y agricultores ante la presencia de fenómenos de variabilidad y cambio climático, en el marco del

¹⁴ Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conp/Econ%C3%B3micos/4058.pdf>



proyecto *Iniciativas climáticamente inteligentes para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad en sistemas de producción agropecuarios priorizados*.

3.1. Justificación técnica

El sector agropecuario enfrenta grandes desafíos para promover una agricultura climáticamente inteligente en un contexto de un clima cambiante¹⁵. Los análisis realizados en desarrollo de estructuración del proyecto identifican como principal problema la baja capacidad del sector agropecuario para reducir la vulnerabilidad de la producción agropecuaria ante los fenómenos de variabilidad y cambio climático. Al realizar un análisis de los sistemas productivos objeto de intervención por el proyecto, se evidencian una serie de riesgos climáticos que dan cuenta de la importancia que representa para el país avanzar hacia modelos de agricultura climáticamente inteligente (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Principales riesgos en las diferentes regiones y cultivos relacionados con el proyecto

Región	Subregión	Cultivo: peligro (riesgo)
Región Caribe (norte)	Caribe seco y húmedo	Arroz:
		(i) Altas temperaturas (bajos rendimientos)
		(ii) Períodos secos (problemas para el suministro de riego)
		Maíz y Musáceas (plátano):
		(i) Períodos secos (bajos rendimientos)
		(ii) Altas temperaturas (bajos rendimientos/aumento de plagas)
Ganado:		
(i) Períodos secos (baja producción de forraje)		
(ii) Altas temperaturas (estrés animal)		

¹⁵ La agricultura climáticamente inteligente (CSA, por sus siglas en inglés) se constituye en una alternativa e instrumento de gestión sectorial para transformar y reorientar los sistemas agrícolas a fin de apoyar de forma eficaz el desarrollo y garantizar la seguridad alimentaria en el contexto de un clima cambiante. Bajo esta perspectiva, la CSA persigue tres objetivos principales: (i) el aumento sostenible de la productividad y los ingresos agrícolas; (ii) la adaptación y la creación de resiliencia ante el cambio climático y; (iii) la reducción y/o absorción de GEI, en la medida de lo posible (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2021).



Región	Subregión	Cultivo: peligro (riesgo)	
Región Andina (región central del país, de norte a sur)	Valles Interandinos (zona llana)	Arroz:	
		(i)	Períodos secos (problemas de suministro de riego)
	Estribaciones/Media montaña	Maíz:	
		(i)	Períodos secos (problemas de suministro de riego)
		(ii)	Altas temperaturas (bajos rendimientos/aumento de la infestación de plagas)
		Caña de azúcar:	
		(i)	Anegamiento (pérdida de cultivos)
		(ii)	Períodos secos (problemas de suministro de riego)
		Caña de azúcar Panela:	
		(i)	Altas temperaturas (aumento de la infestación de plagas)
(ii)	Exceso de agua (podredumbre de la planta)		
(iii)	Períodos secos (bajos rendimientos)		
Alta Montaña	Café:		
	(i)	Precipitaciones excesivas (bajos rendimientos)	
	(ii)	Altas temperaturas (infestación de barrenadores de bayas)	
	Musáceas (plátano):		
	(i)	Períodos secos (bajo rendimiento)	
	(ii)	Altas temperaturas (bajos rendimientos/aumento de la infestación de plagas)	
	Papa:		
	(i)	Períodos secos (bajos rendimientos)	
	(ii)	Precipitaciones excesivas (aumento de la enfermedad)	
	(iii)	Heladas (pérdida de cultivos)	
(iv)	Altas temperaturas (aumento de plagas, desplazamiento de la producción).		
Comarca de la Orinoquia (Este)	Llanuras Orientales	Ganado:	
		(i)	Períodos secos (baja producción forrajera).
	(ii)	Aumento de la temperatura (estrés animal)	
		Arroz:	
		(i)	Baja radiación (bajos rendimientos)
		(ii)	Alta humedad (aumento de la enfermedad)
		Maíz:	
		(i)	Baja radiación (bajos rendimientos)
		(ii)	Alta humedad (aumento de la enfermedad)
		Ganado:	
(i)		Estación de anegamiento-lluvias (podredumbre forrajera).	
(ii)	Períodos secos (baja producción de forraje)		
(iii)	Altas temperaturas (estrés animal)		



Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Entre las principales causas que vienen afectando el desempeño de la agricultura en un contexto cambiante del clima y sobre las cuales el proyecto sustenta su accionar están relacionadas con: (i) reducida oferta tecnológica y de servicios climáticos para la adaptación y mitigación de sistemas productivos agropecuarios al cambio climático; (ii) baja implementación de técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas para promover el desarrollo agrícola bajo en carbono y para aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a la variabilidad climática, y (iii) reducido desarrollo de modelos de negocio innovadores e incluyentes, que promuevan la agricultura climáticamente inteligente. Adicionalmente, existe un cuarto factor que es tratado con la implementación del proyecto: la limitada capacidad financiera para asegurar la operatividad técnica e institucional de los proyectos que apunten a dichos procesos de adaptación y mitigación.

3.1.1. Reducida oferta tecnológica y de servicios climáticos para la adaptación y mitigación de sistemas productivos agropecuarios al cambio climático

Gran parte de la actividad productiva agropecuaria en el país no cuenta con sistemas de monitoreo, modelos informáticos o herramientas digitales para capturar o analizar información valiosa que apoye la toma de decisiones, lo que hace que los sistemas de producción sean aún más vulnerables al clima (*Bioversity* y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021). Así, el acceso por parte de pequeños productores agropecuarios a herramientas digitales de alta precisión para monitorear las diferentes etapas de los cultivos es limitado. Por otra parte, más de la mitad (54,8 %) de las Unidades de Producción Agrícola, no tienen acceso a asistencia técnica, crédito, maquinaria, riego y esquemas asociativos (*Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2014*), lo cual se constituye en una barrera para que los productores modernicen y utilicen tecnología de punta para mejorar sus estructuras de producción agropecuaria.

Las diferentes consultas realizadas por el proyecto con los diferentes gremios participantes en su formulación; es decir, la Federación Nacional de Arroceros (*Fedearroz*), la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (*Fenalce*), la Federación Nacional de Cafeteros (*Fedecafe*), la Federación Colombiana de Productores de Papa (*Fedepapa*), la Asociación de Bananeros de Colombia (*Augura*), la Asociación de Bananeros del Magdalena y la Guajira (*Asbama*), la Asociación Hortifrutícola de Colombia (*Asohofrucol*), la Federación Colombiana de Ganaderos (*Fedegan*), La Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (*Asocaña*) y Centros de Investigación como el Centro de



Investigación de Caña de Azúcar (Cenicaña), el Centro de Investigaciones del Banano y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafe); evidencian una capacidad limitada en el registro y manejo de información, tanto climática (por ejemplo, registros meteorológicos históricos, pronósticos climáticos estacionales) como de cultivos (por ejemplo, fisiología, humedad del suelo, equilibrio de nutrientes, plagas y enfermedades), para apoyar la toma de decisiones climáticamente inteligentes.

Asimismo, en general se indica que los agricultores reciben información limitada para facilitar la toma de decisiones ante el cambio climático. La forma habitual es a través de extensionistas rurales, que solo llega al 17 % de los agricultores, según el Censo Nacional Agropecuario (CNA) realizado en 2014 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2014). Por otra parte, en términos climáticos las predicciones del servicio meteorológico están dirigidas a una cobertura nacional, lo cual lleva a identificar que tienen deficiencias a nivel regional (por ejemplo, departamental, municipal, local), que pueden considerarse críticas para la toma de decisiones a esta escala.

Además, los modelos de simulación agroclimática (herramientas que ayudan a representar los procesos que ocurren dentro de los sistemas de producción para comprender cómo se comportarán bajo condiciones climáticas específicas) a menudo no están adecuadamente calibrados a las condiciones de cada área y, por lo tanto, no representan bien los procesos fisiológicos de las plantas, lo que hace imposible utilizarlos en la toma de decisiones para los sistemas de planificación y adaptación (Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021).

En términos de agricultura digital para capturar información de cultivos, aunque algunos gremios como Fenalce y Fedearroz han desarrollado plataformas digitales para capturar y reportar datos de productores, por ejemplo, Adopción Masiva de Tecnología (Amtec) en arroz¹⁶, todavía existen limitaciones en términos del manejo eficiente y análisis de la información (Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021). Similarmente, instituciones como Fedepanela, Fedepapa, Augura, Asohofrucol y Asbama aún no tienen un flujo de trabajo que les permita al menos recopilar datos agronómicos de manera eficiente. La mayoría de las instituciones tienen poca infraestructura para la implementación de sistemas

¹⁶ Amtec es un modelo de Transferencia de Tecnología basado en la sostenibilidad y la responsabilidad social que propende por la organización, la competitividad y la rentabilidad del productor, implementando tecnologías en forma integral para aumentar los rendimientos y reducir los costos de producción en el cultivo del arroz. Más información en: <https://fedearroz.com.co/es/servicios-al-arrocero/amtec/>



de gestión de información y el monitoreo de cultivos sigue siendo manual, y se basan principalmente en el extensionismo clásico para el asesoramiento agrícola.

Como resultado, todavía existe una gran brecha en la tecnología para llevar herramientas de la era digital, como drones, sensores y análisis de imágenes satelitales a los gremios. Estas herramientas permitirían a los agricultores (y a los técnicos que los asesoran) prepararse mejor para los eventos climáticos extremos y la variabilidad climática experimentada año tras año, optimizando así sus rendimientos a través de una gestión de riesgos adecuada y oportuna en el campo.

3.1.2. Baja implementación de técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas para promover el desarrollo agrícola bajo en carbono y para aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a la variabilidad climática

El estudio de factibilidad del proyecto evidencia la existencia de limitadas capacidades de los servicios de extensión agrícola y los agricultores locales para recopilar, gestionar y sistematizar datos para generar asesoramiento específico sobre el sitio y el tiempo para las buenas prácticas de manejo en condiciones climáticas inducidas por la variabilidad y el cambio climático.

Igualmente, existe una capacidad limitada en el registro y la gestión de la información para la toma de decisiones climáticamente inteligentes, donde existen lagunas en la captura, el análisis y la difusión de información. Al mismo tiempo, hay una cobertura reducida de la asistencia técnica, con poco uso de los medios digitales para difundir información climática, y una falta de capacidad en la agricultura digital y el análisis de datos con aprendizaje automático e inteligencia artificial. A su vez, hay una falta de recursos en los grupos de productores para promover programas de capacitación para técnicos y productores, especialmente en el uso de herramientas en el análisis de datos (Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021).

Esta situación, pone de manifiesto la baja capacidad de los servicios de asistencia agrícola para hacer uso de las proyecciones de información agroclimática reportadas por los sistemas de información disponibles. Los análisis realizados para este proyecto indican que en la mayoría de los sistemas de producción (con algunas excepciones como la caña de azúcar y el café), los sistemas de asistencia técnica tienen una cobertura reducida. Esto se debe en parte, a que las herramientas de comunicación digital (mensajes de texto, mensajes multimedia, *chatbots*, entre otros) no han sido suficientemente explotadas para aumentar el número de usuarios que acceden a estos servicios, y



también porque muchos de los técnicos y profesionales que forman parte de los gremios no conocen la información agroclimática o no cuentan con las habilidades para implementar métodos de análisis de este tipo información e incorporarlas en sus procesos de extensión agropecuaria.

En síntesis, se observa una baja formación de técnicos y productores con el dominio y comprensión de las recomendaciones que salen de estas herramientas informáticas, y la conexión de las predicciones agroclimáticas con plataformas de *big Data* con el fin de contextualizar cada recomendación a nivel de sitio específico y de esta forma mejorar los procesos de extensión agropecuaria.

Adicionalmente, el estudio de factibilidad del proyecto evidenció el acceso limitado a los recursos genéticos, asimismo la tolerancia de los mismos a la variabilidad y el cambio climáticos es baja, y el conocimiento sobre estos recursos por parte de los agricultores y productores locales es restringido. Es así como en los sistemas priorizados por el proyecto se registra un conocimiento limitado sobre las medidas directas para el desarrollo de híbridos y variedades adaptadas, evaluadas y seleccionadas para tolerar condiciones climáticas extremas de sequía y anegamiento, así como enfermedades. En el caso particular de las especies forrajeras en el ganado, existe una baja productividad de la biomasa debido a fenómenos asociados a la variabilidad climática como sequías e inundaciones. Al mismo tiempo, hay poca o ninguna disponibilidad de semillas mejoradas para aumentar la adaptación al cambio climático y la necesidad de ampliar la capacidad de producción y el suministro de material de siembra.

Por otra parte, el limitado conocimiento de la huella hídrica¹⁷ y el uso eficiente del agua y de tecnologías para promover cambios de comportamiento que contribuyan a un mejor uso de los recursos hídricos, particularmente en condiciones de estrés, es otro factor que viene afectando la baja productividad del sector para enfrentar situaciones de variabilidad y cambio climático. No hay información sobre la huella hídrica de las diferentes tecnologías y, por lo tanto, no hay certeza sobre las tecnologías con la huella hídrica más baja que se pueden aplicar en las diferentes regiones y, aun cuando existen algunas tecnologías e información para un menor uso del agua, pero no existe una estrategia de ampliación para estas tecnologías.

Para el año 2016, la demanda nacional de agua alcanzó un volumen de 37.308 millones de metros cúbicos, de los cuales el 43,1 % se destinó a usos

¹⁷ La huella hídrica es un concepto que permite determinar los impactos de un proceso antrópico sobre el agua, respecto a la cantidad o la calidad, para lo cual se definen tres componentes del concepto: las huellas hídricas verde, azul y gris. Los dos primeros se relacionan con el impacto en la cantidad de agua y la huella hídrica gris se relaciona con el impacto sobre la calidad del agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2018)



agropecuarios (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento Nacional de Planeación y Cancillería., 2018), generando importantes retos para el sector en reducción de pérdidas de agua y eficiencia en su aprovechamiento. De acuerdo con el Documento CONPES 3926 *Política de Adecuación de Tierras 2018-2038*¹⁸, la utilización del agua para fines productivos (huella azul) en los distritos de adecuación de tierras se ven afectados por riesgos de desabastecimiento y calidad del agua, que afectan la óptima prestación del servicio público: el 28,4 % de los distritos se encuentra en subzonas hidrográficas con vulnerabilidad alta o muy alta al desabastecimiento hídrico en condiciones de año medio, y el 43,5 % se localiza en subzonas hidrográficas con vulnerabilidad alta o muy alta en la calidad del agua en condiciones de año seco. De esta manera, se evidencia la falta de programas orientados a mejorar la eficiencia y calidad del agua en épocas de sequía o lluvias ocasionadas por eventos de variabilidad y cambio climático.

Por otra parte, el conocimiento limitado de la huella de carbono a nivel de cultivos y tecnología para promover una adopción a gran escala de prácticas de bajas emisiones limita la adopción de tecnologías que permitan mejorar la eficiencia en productividad de los cultivos ante eventos de variabilidad y cambio climático. La información sobre los niveles de emisión asociados con las diferentes tecnologías de cultivos es escasa, no se conocen las variaciones en las emisiones de GEI debido a la genética y no se han identificado y cuantificado las tecnologías bajas en carbono. Asimismo, no existe continuidad en planes o estrategias de mitigación a nivel de cultivo y existe un bajo uso de semillas de buena calidad, por ejemplo, en el caso del cultivo de papa, solo el 4 % del área plantada utiliza semilla certificada. En otros casos (por ejemplo, café) hay materiales que funcionan bien para problemas específicos, pero su propagación y multiplicación son complicadas y lentas.

Asimismo, hay información y difusión limitada sobre tecnologías bajas en carbono a nivel comercial y con un fuerte apoyo científico sobre el potencial de mitigación. Los costos de este tipo de análisis son elevados y existe presupuesto limitado para realizar estos estudios. Esta situación se complementa con la falta de continuidad en los procesos de investigación que adelanta el sector agropecuario bajo el liderazgo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en coordinación con los gremios de la producción y el acompañamiento técnico de centros de investigación, donde las restricciones presupuestales han llevado a suspender

¹⁸ Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3926.pdf>



temporalmente procesos de investigación, ocasionando retrasos en el proceso de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático¹⁹.

Lo anteriormente expuesto se ha evidenciado en el marco de la formulación del presente proyecto, donde se lograron realizar algunas mediciones directas sobre GEI (sistemas silvopastoriles intensivos, maíz) y secuestro de carbono (árboles frutales y cacao), así como en el uso del agua (arroz y maíz), mostrando que los valores de referencia que se estaban utilizando estaban lejos de los valores medidos para nuestras condiciones nacionales, lo que denota la necesidad de dar continuidad con este tipo de iniciativas.

En términos generales, el proceso de desarrollo y transferencia de tecnología es lento y, se podría argumentar que es limitado para la adaptación y mitigación del cambio climático para la mayoría de los cultivos, a pesar de que los problemas económicos, sociales y ambientales que se están generando por el cambio climático en el sector agrícola se reconocen en diferentes áreas. Por lo tanto, es necesario invertir en el desarrollo y transferencia de tecnologías para la adaptación y mitigación.

3.1.3. Limitados desarrollos de modelos de negocio innovadores e incluyentes, que promuevan la agricultura climáticamente inteligente

Un desafío importante para lograr la adopción a escala de las prácticas y tecnologías climáticamente inteligentes es el acceso a instrumentos para financiar el desarrollo y la implementación de innovaciones, así como el desarrollo de modelos de negocio que permitan a los agricultores obtener beneficios de la implementación de tales innovaciones. Lo anterior teniendo en cuenta que a medida que la variabilidad y el cambio climático se intensifica, aumenta el riesgo de invertir en el sector agropecuario.

El análisis realizado durante la factibilidad del proyecto evidencia la falta de instrumentos financieros para promover sistemas de producción en la agricultura climáticamente inteligente. Muchos de los modelos de negocio de los agricultores no incluyen los elementos necesarios para escalar a sistemas de producción rentables, resistentes al clima y bajos en carbono, y que estén bien integrados con

¹⁹ Se destacan iniciativas y avances registrados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y gremios de la producción relacionados con definición de modelos productivos adaptados a condiciones locales, análisis de Agricultura específica por sitio, análisis de emisiones de GEI, huella de carbono en arroz, frijol, maíz caña de azúcar y ganadería, y sistemas de alertas de plagas y enfermedades. A pesar de contar con avances en sus procesos de validación, requieren continuidad en sus procesos de adaptación, validación y uso por parte de los productores.



los mercados mayoristas y minoristas, con especial atención a la diferenciación de productos que son amigables con el clima.

Los agricultores están mal vinculados con otros actores de la cadena de valor para mitigar el cambio climático y reducir las emisiones de GEI. Además, las instituciones financieras del sector agrícola carecen de instrumentos y productos financieros personalizados que puedan respaldar las estrategias de reducción de riesgos, lo que a menudo se debe a la falta de conocimiento, información y participación activa de las instituciones financieras con respecto a los esfuerzos realizados por las partes interesadas del sector agrícola para avanzar hacia un sistema de producción agrícola resistente al clima y bajo en carbono.

Es así como el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario, principal entidad financiera del sector agropecuario, a pesar de contar con acciones orientadas a incorporar líneas de crédito verde e incentivos bajo los criterios de crecimiento verde en el marco del Documento CONPES 3934²⁰ *Política de Crecimiento Verde*²¹, no dispone de una oferta de servicios financieros específicos orientada a promover iniciativas de agricultura climáticamente inteligentes. En ese sentido, tan solo cuenta con una línea de crédito especial cuyas inversiones tienen como objeto mejorar la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción agropecuarias, piscícolas, apícolas, avícolas, forestales, acuícolas, de zootecnia y pesqueras y para el desarrollo de actividades rurales exclusivamente de turismo rural y ecológico (Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario, 2022).

Finalmente, no se dispone de una estrategia de financiamiento que permita servir de fuente catalítica para promover modelos de negocios inclusivos acorde a las particularidades de una agricultura climáticamente inteligente, cuyo abordaje contemple los diversos tipos de riesgos sobre los cuales gravita el desarrollo productivo, entre ellos los climáticos, de mercado, de contexto regulatorio, de infraestructura y logística, y de políticas públicas.

Por otra parte, el desarrollo de modelos incluyentes conlleva analizar igualmente la problemática asociada con los servicios de asistencia técnica y extensión agropecuaria; las capacidades de los productores agropecuarios, profesionales, instituciones y otros actores involucrados en las cadenas productivas consideradas en la intervención del proyecto. Así, se tiene que presentan limitaciones respecto a la forma como se han atendido los requerimientos de los

²⁰ Desarrolla la Política de Crecimiento Verde para el país, la cual tiene como objeto de impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.

²¹ Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>



productores en técnicas orientadas a mejorar los procesos de extensión agropecuaria en agricultura climáticamente inteligente como base para adelantar negocios innovadores e incluyentes, y articulados a mercados.

En general, la capacidad de los técnicos y de los servicios de extensión en el sector agrícola en herramientas de *Big Data* es baja, lo cual resulta fundamental para el desarrollo de una agricultura climáticamente inteligente. Asimismo, no se disponen de modelos novedosos de extensión agropecuaria que les permita a los agricultores desarrollar emprendimientos productivos y contar oportunidades para llegar a nuevos mercados donde se valore la producción resistente al clima y baja en carbono.

La investigación desarrollada por la Alianza de *Bioversity International* y el CIAT ha revelado limitaciones en su formación académica, tales como: (i) los extensionistas que desconocen las herramientas tecnológicas, y (ii) baja capacidad para interpretar resultados, formatos y visualizaciones generadas a través de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Además, el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional y otras organizaciones han encontrado que los extensionistas enfrentan: (i) falta de claridad en su mandato; (ii) falta de papel de facilitador; (iii) falta de espíritu emprendedor; (iv) una visión limitada de la productividad, y (v) pocas habilidades técnicas sobre temas como el cambio climático (*Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021*).

Por otra parte, la mayoría de los agricultores desconocen las causas o formas de mitigar el cambio climático en las actividades agrícolas y ganaderas. Asimismo, no entienden los beneficios o contribuciones económicas y ambientales derivados de la adopción de tecnologías modernas, o al menos los beneficios que esperan. Este desconocimiento suele ir acompañado de costos adicionales, mayor tiempo o complejidad adicional en su proceso de producción, lo cual les resta posibilidad para desarrollar emprendimientos productivos y de negocios innovadores en Agricultura Climáticamente Inteligente.

Adicionalmente, se identifican barreras de género asociadas con la inclusión de la mujer y los jóvenes rurales en el desarrollo productivo local. Los análisis realizados por el proyecto muestran cómo aún no se logra un reconocimiento en los temas de género por parte de los gremios, instituciones y productores en el desarrollo de apuestas productivas agropecuarias, su desarrollo es aún incipiente y se registra un limitado acceso a los factores productivos y participación en el proceso laboral y de toma de decisiones por parte de las mujeres y los jóvenes agricultores. El trabajo doméstico y el trabajo de cuidado no remunerado son actividades que recaen en las mujeres rurales, lo que limita considerablemente su



participación laboral y permanencia en el mercado laboral remunerado y la toma de decisiones en las unidades agrícolas. Además, las mujeres y jóvenes dedicados a labores agrícolas y ganaderas tienen menos acceso a factores productivos, como la tierra, el crédito y la tecnología, lo que reduce su potencial de producción en las cadenas de cultivo y limita el desarrollo económico local (Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021).

3.2. Justificación económica y social

La valoración económica de los beneficios realizada para el proyecto se desarrolló con base en los resultados presentados en la evaluación de impacto *ex ante*, que se elaboró a partir del modelo de superávit económico en economías abiertas y cerradas, dependiendo del producto y su participación de mercado (Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2021). Este modelo se basa en las curvas de oferta y demanda según la teoría de Alfred Marshall, y en su desplazamiento cuando se incorporan nuevas tecnologías²². Sin embargo, es pertinente señalar que el proyecto no generará ingresos directamente y, por lo tanto, los beneficios económicos se representan como beneficios socioeconómicos para la sociedad en forma de costos evitados.

Los beneficios económicos asociados a la adopción de tecnología corresponden al valor estimado de los costos evitados por pérdidas de cosecha y uso de insumos, y al aumento del flujo de caja del productor asociado al crecimiento de la productividad. Para estimar los beneficios económicos obtenidos de la adopción de tecnología, y presentando un pronóstico conservador, se tomó el porcentaje mínimo de adopción de tecnología. El valor estimado de los beneficios económicos asociados con la adopción de tecnología es cercano a los USD 9,8 billones para el periodo de vida del proyecto (2020-2050). En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la valoración estimada de los beneficios económicos para cada asociación de productores.

²² El excedente se estima extrapolando el ingreso del productor, utilizando una simulación de equilibrio parcial, y tomando parámetros como el precio promedio anual, la productividad anual, la elasticidad de la oferta y la demanda, el efecto de la incorporación de tecnología y la curva de adopción tecnológica, para la construcción del modelo. La adopción tecnológica puede dar lugar a cualquiera de las siguientes condiciones: (i) aumento de la producción; (ii) reducción de las pérdidas, y (iii) reducción del coste de producción. Estas condiciones conducen a un aumento de la producción, generando los excedentes económicos para la sociedad (consumidores y productores) y beneficios a partir de la reducción del coste social y económico que representa la reducción de las emisiones de GEI debido a la adopción tecnológica.



Tabla 2. Valoración económica de los beneficios derivados de la adopción de tecnología

(Millones de dólares)

Asociaciones de productores	Valoración estimada de beneficios
Fedearroz	862,35
Fenalce	221,59
Fedepapa	862,98
Fedepanela	1.262,31
Fedegan	2.559,96
Fedecafe-Cenicafe	343,29
Musácea	3.337,09
Asocaña-Cenicaña	429,93

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Por otra parte, la evaluación de carbono para el proyecto se basa en el potencial para reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) asociadas con las actividades agrícolas en el escenario de adopción de nuevas tecnologías. Los beneficios económicos relacionados con la reducción de las emisiones de carbono se estiman de acuerdo con el Costo Social del Carbono (SCC, por sus siglas en inglés).

Para estimar los beneficios asociados a la reducción de las emisiones de GEI, se seleccionaron los valores de SCC disponibles en la literatura, que se han obtenido a partir del desarrollo de modelos a escala global y regional. Por un lado, el valor estimado del SCC corresponde, a nivel global, a 417 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e)²³ (USD/tCO₂e) (Ricke, 2018). Por otro lado, se tiene que el SCC para América Latina, que asciende a 25,83 USD/tCO₂e (Alatorre, 2019).

En los cultivos semestrales, el área con adopción tecnológica proyectada se multiplicó por el valor de la reducción de emisiones por unidad de área que permite lograr estas tecnologías. En la mayoría de los casos en Colombia, estos cultivos se siembran durante un ciclo por año, y, por lo tanto, la reducción de emisiones lograda en un ciclo es la misma que el valor anual. Se supone que las explotaciones que se intervienen mantienen la tecnología actual hasta el final de su vida útil, de acuerdo con los valores establecidos en la evaluación *ex ante*. En el caso de los

²³ El dióxido de carbono equivalente es una medida universal utilizada para indicar en términos de CO₂, el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global. La letra e hace referencia a emisiones reducidas.



cultivos permanentes, existe una curva para reducir las emisiones o el secuestro de carbono a lo largo del tiempo.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el valor anual estimado de las emisiones de GEI por unidad de área para el escenario de referencia (escenario actual) y el escenario con el proyecto por cosecha. Además, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la reducción de las emisiones directas, indirectas y totales por actividad agraria. Finalmente, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el valor económico asociado a tCO₂e reducidas para el escenario bajo, considerando el área de intervención directa e indirecta del proyecto.

Tabla 3. Emisiones de GEI con y sin ejecución del proyecto de inversión por cosecha
(tCO₂e por Ha al año)

Cosecha	Escenario de línea base	Escenario del proyecto
Arroz	9,3	8
Caña de panela	19,8	14,4
Musácea	10,2	8,3
Caña de azúcar	7,6	6,8
Maíz	4,4	3,6
Patata	14,8	12,2
Café	8,1	3,8
Ganado	3,4	0,8

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Tabla 4. Emisiones de GEI con y sin ejecución del proyecto de inversión por actividad agraria

Actividad agraria	Reducción directa de emisiones ^(a)	Superficie ^(b)	Reducción indirecta de emisiones ^(a)	Superficie ^(b)
Arroz	41.323	38.861	1.505.226	148.724
Maíz	86.495	17.574	282.121	66.696
Caña de panela	708.425	16.671	2.518.508	64.045
Patata	116.5	6.677	328.706	24.31
Ganado	7.727.180	170.640	30.075.841	667.2
Plátano	96.111	3.874	168.549	10.496
Total	9.152.034	254.118	34.878.951	981.471



Actividad agraria	Reducción directa de emisiones ^(a)	Superficie ^(b)	Reducción indirecta de emisiones ^(a)	Superficie ^(b)
Promedio anual	366.081		1.395.158	

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Notas: ^(a) Medida en tCO₂e. ^(b) Medida en Ha.

Tabla 5. Valoración económica de los beneficios asociados a la reducción de emisiones de GEI

(Millones de dólares)

Asociaciones de productores	Valoración estimada de beneficios
Fedearroz	49,66
Fenalce	9,52
Fedepapa	11,50
Fedepanela	83,35
Fedegan	976,45
Fedecafe-Cenicafe	0
Musácea	6,86
Asocaña-Cenicaña	0

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

3.2.1. Identificación de beneficios

Los beneficios del proyecto se obtienen principalmente de la aplicación de los componentes 1 y 2 del proyecto, *Agricultura digital y servicios climáticos para la modernización rural con énfasis en adaptación y mitigación* y *Mejora genética, técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas escalables para aumentar la resiliencia climática y promover el desarrollo agrícola bajo en carbono* respectivamente.

El componente 1 supone la puesta en marcha de los servicios de información climática y la garantía de su disponibilidad para técnicos y productores, con lo que se espera reducir el riesgo agroclimático y promover la agricultura digital. Por su parte, el componente 2 busca implementar tecnologías que reduzcan los costos, incrementen la productividad de las cosechas y promueva la resiliencia del sector agrícola frente a los efectos del cambio climático. La implementación de estos dos componentes incrementará la oferta agrícola y reducirá los costos de producción, al tiempo que aumentará la productividad. Consecuentemente se espera que todo esto genere una reducción del valor de los productos en el mercado.



Adicionalmente, se espera que el proyecto genere beneficios sociales y ambientales como: (i) resiliencia incrementada ante el cambio climático; (ii) reducción de emisión de GEI por la adopción de la tecnología; (iii) mitigación de contaminación localizada; (iv) incremento en la oferta de bienes agrícolas, y (v) reducción de costos de productos agrícolas en el mercado.

Se estima que el proyecto tendrá impactos positivos en más de 619.691 beneficiarios directos (productores y sus familias), a lo largo de los diferentes gremios de ganaderos y productores de arroz, cereales y legumbres, papa, café, caña de azúcar y panela, banano y plátano. Los beneficiarios directos son productores, profesionales de las asociaciones de agricultores y profesionales de otras entidades del sector agrícola. El área de producción asociada a estos beneficiarios directos corresponde se estima en 967.997 ha.

El número de beneficiarios indirectos se estima en unos 347.996 durante el período de ejecución del proyecto y más de 500.000 durante la vida útil de las tecnologías. Con base en las cifras del CNA del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), los beneficiarios directos equivalen al 7,2 % del total de productores a nivel nacional, mientras que el total de beneficiarios indirectos equivaldría al 4,1 % del total de productores. Además, se estima que un total de 10.000 hogares se beneficiarán de una mayor seguridad alimentaria.

En términos geográficos el proyecto abarcará 22 departamentos (69 % del total de departamentos en Colombia) y 219 municipios (20 % del total de municipios en Colombia). La Tabla 6 resume los diferentes beneficiarios (productores, profesionales de las asociaciones de agricultores y profesionales de otras entidades, independientes y estudiantes que se beneficiarán del proyecto) bajo cada uno de los tres componentes del proyecto.

Tabla 6. Número de beneficiarios directos por cultivo y área total (Ha) cubierta por el proyecto

Actividad agropecuaria	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Total beneficiarios y Ha ^{(a)(b)}
Beneficiarios totales	392.378	56.149	171.164 ^(c)	619.691
Arroz	9.114	5.396	11.101	25.612
Papa	41.623	11.861	46.11	99.594
Caña de azúcar	1.137	5.247	2.544	8.928
Caña panelera	22.26	17.15	38.16	77.57
Ganadería -leche	25.997	1.526	25.997	53.519
Ganadería -carne	25.997	1.526	25.997	53.519



Maíz	11.384	12.625	19.08	43.089
Banano	467	817	2.175	3.459
Café	254.4	0	0	254.4
Ha totales	836.287	131.71		967.997

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2021).

Notas: ^(a) el número total de productores beneficiarios es la suma de los Componentes 1 y 2; una parte de estos productores está sujeta a refuerzo en capacitación en el Componente 3. ^(b) La primera fila mide los beneficiarios en personas y las siguientes lo mide en Ha. ^(c) Productores que serán beneficiarios a través del fortalecimiento de capacidades que fueron atendidos en el componente 1 y componente 2, es decir ya han sido considerados en el total de beneficiarios, para no generar doble contabilización.

3.2.2. Análisis de sensibilidad

En esta sección se presentarán algunas consideraciones específicas sobre la valoración económica y financiera de costos y beneficios y, con base en estas, se llega al análisis de viabilidad económica y financiera del proyecto, así como la presentación de la sensibilidad de los parámetros y variables fundamentales.

A partir de la identificación teórica de potenciales beneficios, durante la estructuración del proyecto se adelantó su valoración económica y financiera, separando aquellos que se presentan por la adopción tecnológica, de aquellos que aparecen como resultado de la disminución de GEI. Los resultados se muestran a continuación:

- (i) Valoración económica de los beneficios derivados de la adopción de tecnología: corresponde al valor estimado de los costos evitados por pérdidas de cosechas y el uso de insumos, y al incremento del flujo de caja de los productores asociado al crecimiento de la productividad. La estimación parte de un escenario conservador, simulando el mínimo porcentaje de adopción de tecnología, obteniendo un beneficio total por este concepto cercano a los 9,8 billones de dólares durante la vida del proyecto.
- (ii) Valoración económica de los beneficios derivados de la reducción de emisiones de GEI: estimación de los beneficios económicos por la reducción de emisiones de GEI en función del costo social del carbono²⁴.

A partir de estos datos, se estimó la línea de base anual de emisiones de GEI por unidad de área, así como el valor calculado de emisiones una vez se hayan ejecutado los componentes del proyecto. Según el estudio, en promedio al año se reducen directamente 366.081 tCO₂e, e indirectamente 1.395.158 tCO₂e. Con

²⁴ Se tomaron valores disponibles en la literatura; a nivel global 417USD/tCO₂e, de acuerdo con (Ricke, 2018) y en Latinoamérica 25,83USD/tCO₂e, según lo estudiado por (Alatorre, 2019).



estos resultados, los beneficios estimados por cuenta de la reducción de emisiones de GEI ascienden a más 1,1 billones de dólares.

En cuanto a la valoración financiera de beneficios, el ejercicio únicamente estimó el valor de los beneficios asociados a la adopción tecnológica, el cual además toma como referencia el excedente del productor y excluye el cálculo del excedente del consumidor por la reducción de los GEI. Bajo estas consideraciones se tiene un valor de beneficios que asciende a cerca de 7,1 billones de dólares por el horizonte de vida del proyecto.

Con base en los resultados de las valoraciones, se evaluaron los indicadores financieros tradicionales, a saber, la Tasa Interna de Retorno (TIR)²⁵, la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM)²⁶ y la relación costo beneficio del proyecto. El análisis de indicadores permite afirmar que el proyecto es económicamente viable en la medida que presenta valores satisfactorios comparado con las expectativas mínimas. A continuación, se sintetizan los resultados integrados del análisis económico de los beneficios tanto por adopción tecnológica, como por reducción de las emisiones de GEI.

Tabla 7. Resultados del análisis económico

Indicador	Resultado	
Rentabilidad	TIR	201,31 %
	TIRM	24,27 %
Valor Presente Neto (VPN) ^(a)	3.308,1	
Costo - Beneficio ^(a)	102,92	

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Notas: ^(a) Millones de dólares.

Es de resaltar que todos los indicadores presentan valores consistentes con un proyecto factible y con altos retornos.

Ahora bien, al igual que en el análisis económico, según los resultados de los indicadores financieros, el desarrollo del proyecto es viable financieramente dado que presenta resultados satisfactorios en relación con los mínimos requeridos. Se presentan los resultados asociados a la evaluación financiera de la adopción tecnológica en la siguiente tabla:

²⁵ La Tasa Interna de Retorno es la media geométrica de los rendimientos esperados de una inversión que se utiliza como indicador de la rentabilidad de un proyecto.

²⁶ La Tasa Interna de Retorno Modificada evalúa considerando 2 flujos de caja diferentes, al momento inicial los desembolsos y al momento final los pagos.



Tabla 8. Resultados del análisis financiero

Indicador		Resultado
Rentabilidad	TIR	150,93 %
	TIRM	21,57 %
VPN ^(a)		5.410,7
Costo - Beneficio ^(a)		66,42

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Notas: ^(a) Millones de dólares.

Cabe anotar que todos los indicadores presentan valores consistentes con un proyecto factible y con altos retornos, aunque menores que frente al análisis económico debido a que no se considera en este caso el excedente del consumidor.

Finalmente, con base en los supuestos y variables definidas en el proyecto, el estudio de estructuración económica y financiera llevó a cabo un análisis de sensibilidad para explicar qué tanto deberán modificarse las variables para mantener la Tasa de Descuento (TD) de referencia del proyecto, equivalente con la (TIR).

Asimismo, se debe mencionar que todo el análisis usa una TD de 12 %, tal como se hace en los proyectos de inversión pública en el país; esto bajo el entendido que, si el Gobierno decide no invertir en proyectos, dichos recursos serían usados por el sector privado a una tasa de retorno promedio de 12 % para el país (Piraquive, Matamoros, Céspedes, & Rodríguez, 2018).

El análisis de sensibilidad adelantado evalúa los beneficios del proyecto bajo diferentes tasas de descuento y variando el costo social del carbono, en un rango amplio entre 5 y 500 USD por tonelada de CO₂; los resultados se presentan en la siguiente tabla, tomando en consideración la tasa de descuento supuesta de 12 %, el costo social del carbono para América Latina de 25,83 USD y el VPN estimado en el análisis de resultados económicos, consistente con una TIR de 201,3 %. La Tabla muestra qué tan sensibles son el valor presente neto del proyecto y su TIR a posibles variaciones en el costo social del carbono.

Tabla 9. Resultados del análisis de sensibilidad (TIR y VPN) según SCC

Sensibilidad del SCC		25,83
Costo Social del Carbono	VPN (Millones de dólares)	TIR (%)
5	3.116	199,30



Sensibilidad del SCC		25,83	
Costo Social del Carbono	VPN (Millones de dólares)	TIR (%)	
10	3.162	199,80	
15	3.208	200,30	
20	3.254	200,70	
25	3.300	201,20	
25,83	3.308	201,30	
30	3.347	201,70	
35	3.393	202,20	
40	3.439	202,70	
50	3.531	203,60	
60	3.623	204,60	
70	3.715	205,50	
80	3.807	206,50	
90	3.900	207,40	
100	3.992	208,30	
150	4.452	212,90	
200	4.913	217,20	
250	5.374	221,50	
300	5.835	225,60	
350	6.296	229,70	
450	7.217	237,40	
500	7.678	241,20	

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Tabla 10. Resultados del análisis de sensibilidad. Sensibilidad de la TD con relación al VPN

Sensibilidad de la Tasa de Descuento		12,00 %	
TD (%)	VPN (Millones de dólares)		
3,00	7.694		
6,00	5.653		
9,00	4.273		
12,00	3.308		
15,00	2.613		
18,00	2.098		
21,00	1.709		



Sensibilidad de la Tasa de Descuento		12,00 %
TD (%)	VPN (Millones de dólares)	
	24,00	1.410
	27,00	1.176
	30,00	990
	33,00	840
	36,00	718
	39,00	618
	42,00	535
	45,00	466
	48,00	407

Fuente: Bioversity y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

En últimas, las tablas 9 y 10 muestran la sensibilidad de los principales indicadores del proyecto y dan cuenta de los niveles requeridos en los mismos para mantener el equilibrio actual frente a posibles variaciones de las condiciones de mercado, de tal forma que se ajusten los valores reales de los indicadores financieros del proyecto y se mantengan los beneficios estimados. Concretamente, el análisis arroja un resultado positivo para la ejecución del proyecto desde la aproximación económica y financiera, con beneficios que, con creces, superan el costo desde cualquier ángulo.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente sección describe de manera detallada el proyecto y sus componentes, para llevar a cabo los objetivos propuestos.

4.1. Objetivo

Reducir la vulnerabilidad de la producción agrícola ante las amenazas climáticas para minimizar sus impactos en la competitividad del sector agrícola y garantizar una disponibilidad adecuada y estable de alimentos de calidad mediante el fortalecimiento de la gestión del riesgo climático, al tiempo que se reducen las emisiones de GEI de la producción agropecuaria en ocho cadenas priorizadas.

4.2. Objetivos específicos

OE 1. Implementar sistemas agrícolas digitales y servicios climáticos para modernizar los servicios de extensión agrícola y brindar recomendaciones de adaptación y mitigación que apoyen la reducción de riesgos agroclimáticos y la pérdida de cultivos, al tiempo que promueve una vía baja en carbono.



OE 2. Desarrollar, validar y ampliar tecnologías como el mejoramiento genético, técnicas de manejo de cultivos y otras tecnologías para aumentar la resiliencia y el desarrollo agrícola bajo en carbono.

OE 3. Fortalecer las capacidades de los productores, técnicos e instituciones para la adopción e implementación de tecnologías y proponer nuevos modelos de negocios basados en la adopción masiva de tecnologías bajo consideraciones ambientales, sociales y de género.

4.3. Componentes

El programa de iniciativas climáticamente inteligentes para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad en sistemas productivos agropecuarios está compuesto por cuatro componentes: (i) agricultura digital y servicios climáticos para la modernización rural con énfasis en adaptación y mitigación; (ii) mejora genética, técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas escalables para aumentar la resiliencia climática y promover el desarrollo agrícola bajo en carbono; (iii) modelos de negocios innovadores e inclusivos a través de sistemas modernos de innovación y un mayor compromiso del sector financiero, y (iv) costo de administración del proyecto.

4.3.1. Componente 1. Agricultura digital y servicios climáticos para la modernización rural con énfasis en adaptación y mitigación

Incluye el diseño, montaje, implementación y operación de servicios de información climática para técnicos y productores. El objetivo es mejorar la toma de decisiones a nivel del productor y evitar pérdidas de cultivos. Incluye servicios de alerta temprana sobre amenazas climáticas, así como otros sofisticados sistemas de alerta sobre plagas, enfermedades y otros factores abióticos que pueden ocurrir debido a fenómenos climáticos. También, este componente incluye sistemas integrales de planificación territorial, el análisis de *big data*, plataformas tecnológicas y otras herramientas agrícolas digitales que permitirán combinar la información climática con información biofísica y agronómica para seleccionar las medidas de adaptación más recomendables para los productores.

En ese sentido, se prevé dos resultados principales: (i) toma de decisiones mejorada e inclusiva por parte de los agricultores y gremios para la adaptación y mitigación del cambio climático en cadenas de valor específicas a través de la adopción de la agricultura digital, y (ii) mayor adopción y mejor uso por parte de los agricultores y gremios a través de servicios climáticos.

Para lograr estos resultados, las actividades a implementar implican (i) organizar la información que existe en diferentes repositorios e intercambiar bases



de datos para su interconexión e interoperabilidad con plataformas existentes de acceso abierto, que tengan información actualizada, a través de sensores remotos u otras fuentes de información; (ii) desarrollar una herramienta digital basada en un *bot* para fortalecer el servicio de extensión; (iii) diseñar y desarrollar el sistema operativo de análisis y minería de datos, el cual posibilitara la interconexión de toda la información disponible. Este también desarrollará sistemas que permitan la automatización de procesos de análisis y modelaje para tener recomendaciones más robustas y procesos ágiles y eficientes; (iv) entrenar técnicos en el uso y aplicación de métodos avanzados de análisis de datos; (v) diseñar y/o fortalecer los servicios de información agroclimáticos; (vi) fortalecer servicios de información; (vii) conectar predicciones agroclimáticas con modelos de inteligencia artificial, y (viii) fortalecimiento de la difusión de información agroclimática y transferencia de capacidades.

4.3.2. Componente 2. Mejora genética, técnicas de manejo de cultivos y otras opciones tecnológicas escalables para aumentar la resiliencia climática y promover el desarrollo agrícola bajo en carbono

Comprende tecnologías y opciones de manejo de cultivos para mejorar la resiliencia de los sistemas productivos y promover el desarrollo agrícola bajo en carbono, considerando alternativas de mejoramiento genético, uso eficiente de los recursos hídricos y del suelo, y otras opciones de adaptación y mitigación.

En virtud de lo anterior, se prevén dos resultados principales: (i) fortalecimiento de un banco de germoplasma que permitirá el desarrollo de nuevas variedades agrícolas resistentes al clima así como la distribución masiva de semillas, lo que mediante estrategias de adopción, permitirá a los agricultores acceder a nuevas prácticas, tecnologías y variedades de semillas climáticamente inteligentes, y (ii) uso eficiente de los recursos hídricos, restauración de los suelos y mitigación de emisiones de GEI por parte de agricultores y gremios mediante la adopción de prácticas mejoradas y tecnologías climáticamente inteligentes.

Para lograr estos resultados, se plantean las siguientes actividades: (i) desarrollo de una plataforma de fenotipos, diseñada para identificar recursos genéticos resistentes al clima y de producción baja en carbono; (ii) Identificación de accesiones con tolerancia al calor y las sequías, especialmente para el caso del arroz, el maíz, la papa, las musáceas y el forraje para la cría de ganado; (iii) desarrollo de nuevas variedades basadas en avanzadas líneas de adaptación y mitigación del cambio climático; (iv) multiplicación masiva de semillas de café, caña de azúcar, caña panelera, papa, banano, y plátano mediante cultivos *in vitro*, entre otras; (v) cuantificación de la línea de base de la huella hídrica; (vi) cuantificación de la línea de base de la huella de carbono; (vii) modelaje de



cuencas hídricas para determinar sitios de cosecha de agua; (viii) evaluación del uso eficiente de agua en la gestión agronómica y los procesos de transformación; (ix) evaluación de prácticas de mitigación de GEI en la gestión agronómica y los procesos de transformación; (x) restauración paisajística en los cultivos de la caña y sistemas ganaderos, e (xi) implementación masiva de tecnologías para la gestión agronómica y los procesos de transformación para un uso más eficiente del agua y cosechas con contenido bajo de carbono.

4.3.3. Componente 3. Modelos de negocios innovadores e inclusivos a través de sistemas modernos de innovación y un mayor compromiso del sector financiero

Este componente busca apoyar el desarrollo de modelos comerciales basados en la ciencia y la modernización de los sistemas de innovación para llegar a los productores de manera efectiva. Para esto, prevé dos resultados principales: (i) modelos comerciales mejorados que brindan a los agricultores ganancias razonables y mejores prácticas de mitigación de emisiones de GEI; incluido la identificación de mercados donde los productores pueden ofrecer su propuesta de valor y nuevas oportunidades comerciales, y (ii) servicios de asistencia técnica y extensión agrícola modernizados con estrategias multiherramientas, diferenciadas y adaptadas a contextos ambientales, sociales, de género y productivos específicos a nivel nacional.

Lo anterior se logra mediante las siguientes actividades: (i) fortalecer las capacidades de los gremios para usar herramientas activadas digitalmente que mejoren la provisión de servicios a los agricultores con énfasis en sistemas de producción rentables que también reducen emisiones de GEI e incrementan la resiliencia ante el cambio climático; (ii) implementar modelos de negocio resilientes ante el clima, incluyentes y bajos en carbono, para productos y servicios agrícolas; (iii) mejorar el compromiso del sector financiero con los agricultores, sus necesidades y esfuerzos en relación a la resiliencia climática y la reducción de emisión de GEI; (iv) fomentar ecosistemas de emprendimiento agro-digital; (v) fomentar la inclusión de herramientas bidireccionales activadas digitalmente para mejorar los modelos de transferencia tecnológica y la asistencia técnica dentro de la aproximación de un sistema de innovación; (vi) desarrollar capacidades en sistemas de innovación y su inclusión en planes de transferencia tecnológica actualizados; (vii) fortalecer las capacidades de los gremios y los agricultores en adaptación climática y mitigación, así como nutrir los intercambios de conocimientos entre agricultores, y (viii) desarrollar una estrategia que permita la difusión, el acceso y el uso de los resultados del proyecto entre los tomadores de



decisión (públicos y privados) de forma que se construyan capacidades que impacten las políticas públicas futuras.

4.4. Capacidad institucional

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural que, a través de la Dirección de Innovación, Desarrollo Técnico y Protección de la Salud será el organismo ejecutor, asumiendo la responsabilidad técnica garantizando cumplimiento de los objetivos del programa.

Dentro de sus responsabilidades se encuentra: (i) coordinar la implementación general del proyecto; (ii) garantizar el logro de resultados y productos, con base en el alcance del proyecto y garantizando una mayor productividad y calidad de los servicios prestados; (iii) elaborar una matriz resumen de los avances técnicos y financieros del proyecto, y el cumplimiento de los resultados.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural contratará directamente una agencia ejecutora que estará a cargo de la ejecución operativa, técnica y administrativa del proyecto. La agencia implementadora seleccionada por este ministerio es la Alianza *Bioversity International*-CIAT.

El proyecto contará como mínimo con: (i) un gerente de proyecto; (ii) un asociado técnico; (iii) un asistente de investigación; (iv) un analista de proyecto; (v) un asistente de logística, y (vi) dos asesores técnicos eméritos en clima y agricultura. Asimismo, la agencia ejecutora conformará un equipo de trabajo que garantice el desarrollo de cada uno de los componentes para todos los cultivos priorizados en el Proyecto. Igualmente, contará con coordinadores temáticos y líderes en temas transversales.

Por otra parte, el proyecto contará con seis líderes temáticos formados por personal del CIAT en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca. Estos serán expertos con doctorado y expertos de renombre con al menos 10 publicaciones. Estos líderes serán responsables de la implementación de actividades para cada uno de los componentes del proyecto. Cada uno tendrá un presupuesto asignado de acuerdo con el plan financiero del proyecto y el plan de adquisiciones aprobado por la unidad ejecutora. También, cada uno será responsable de la implementación de las actividades de cada componente del proyecto, y garantizará el logro de sus respectivos productos y alcances:

- (i) Líder del tema principal 1: coordinador de previsión agroclimática y agricultura digital.
- (ii) Líder del tema principal 2: coordinador de tecnologías para la gestión eficiente del agua y bajas emisiones de GEI.



- (iii) Líder del tema principal 3: coordinador de tecnologías para el mejoramiento y fortalecimiento del banco de germoplasma.
- (iv) Líder de tema transversal 1: coordinador de gestión del conocimiento y desarrollo de capacidades.
- (v) Líder temático transversal 2: coordinador de temas ambientales, sociales y de género.
- (vi) Líder de tema transversal 3: coordinador de evaluación de impacto.

El proyecto también contará con ocho coordinadores de cultivos (uno para cada tipo de cultivo). Estos coordinadores son reconocidos expertos en cada uno de los cultivos, con doctorado y mínimo 10 publicaciones de cultivos en revistas internacionales indexadas. Estos profesionales serán los encargados de integrar cada uno de los temas de cultivo con el fin de lograr coherencia, eficiencia y coordinación en los procesos de implementación. Igualmente, los coordinadores serán los encargados de realizar recomendaciones y propuestas de mejora, los ajustes requeridos, o actividades de coordinación a ser cubiertas con recursos gestionados por los líderes temáticos principales y transversales, según corresponda, ya que no existirá una dotación presupuestaria diferente a la asignada a su dedicación de tiempo al proyecto.

Este equipo estará integrado por personal del Centro Internacional de Agricultura Tropical (ganadería, arroz, musáceas), del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (maíz), Agrosavia (panela y papa), Cenicafé (café) y Cenicaña (caña de azúcar). El personal del Centro Internacional de Agricultura Tropical y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo estará radicado en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca, Agrosavia en Bogotá, en su sede de Tibaitata, Cenicafé en Chinchiná (Caldas) y Cenicaña en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca. El tiempo dedicado a coordinar los diferentes temas de cultivos será cubierto por los recursos del proyecto.

4.5. Seguimiento y evaluación

4.5.1. Indicadores del programa:

El seguimiento del programa se realizará por medio de los indicadores que se detallan en el Anexo A y se presentan de forma general en la tabla 11.



Tabla 11. Indicadores del programa

Indicador	Datos/Fuente	Herramienta de recolección	Frecuencia
Hectáreas de tierra o bosques bajo un manejo mejorado y efectivo que contribuya a la reducción de emisiones de dióxido de carbono	Gráfico de datos, fortalecimiento de capacidades, comportamiento de los hogares, producción de las granjas, modelado. Información secundaria: bases de datos anuales	Observaciones en visitas de campo, encuesta/cuestionario, registros y datos gubernamentales y datos de Sistemas de Información Geográfica	Anual
Uso de la información climática, productos/servicios en la toma de decisiones de sectores sensibles al clima	Información clara y precisa sobre la disponibilidad de información, fortalecimiento de capacidades, comportamiento de los hogares, producción de las granjas, incidencia de eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones entre otros. Información secundaria: reportes de asociaciones de productores sobre el uso de sus plataformas y reportes nacionales de la implementación de las NDC	Encuesta/cuestionario	Línea de base, media y final
Uso por parte de los hogares vulnerables, comunidades, empresas y sector público, de servicios, herramientas, instrumentos, estrategias y actividades apoyadas por el Fondo para responder al cambio climático	Reportes de monitoreo y evaluación, grupos de enfoque, entrevistas con interesados, propuestas hechas por los grupos objetivos para atender temas asociados al clima.	Entrevistas con informantes clave y encuestas	Años 2 y 4
Número de tecnologías y soluciones innovativas transferidas o licenciadas para apoyar desarrollos de emisiones bajas y resilientes al clima como resultado del apoyo del Fondo Verde del Clima	Datos sobre tecnologías, herramientas y estrategias disponibles y que responden a las necesidades del sector	Encuesta/cuestionario y revisión documental	Anual



Indicador	Datos/Fuente	Herramienta de recolección	Frecuencia
Número de agricultores/técnicos atendiendo a eventos de capacitación/talleres diferenciados por género y tipo de actividad (virtual, curso, taller, etc.)	Base de datos de fortalecimiento de capacidades (técnicos y productores)	Listado de participantes en eventos de capacitación	Semianual
Porcentaje de agricultores/técnicos que perciben que su conocimiento mejoró debido a la información que recibieron en los eventos de capacitación/talleres diferenciados por género	Base de datos de fortalecimiento de capacidades	Encuesta/cuestionario	Semianual
Número de técnicos usando la información recibida en el entrenamiento técnico en la extensión de servicios o actividades de entrenamiento para productores	Información clara de fortalecimiento acerca de información disponible y fortalecimiento de capacidades (técnicos y productores)	Encuesta/cuestionarios y listados de participantes a eventos de capacitación	Anual
Número de agricultores usando la información de las predicciones agroclimáticas en el marco del proyecto para la toma de sus decisiones	Información clara acerca del uso de información para tomar decisiones	Encuesta/cuestionarios	Línea de base, media y final
Número de agricultores con consciencia y conocimiento acerca de cómo diferenciar los riesgos climáticos, sus efectos y las medidas de mitigación relacionadas, diferenciados por género	Información clara acerca de la disponibilidad de datos y el conocimiento de los productores	Encuesta/cuestionarios	Línea de base, media y final
Número de agricultores consultando predicciones agroclimáticas para las decisiones de la cosecha, diferenciadas por género	Información clara acerca de la disponibilidad de datos, el conocimiento de los productores, comportamiento de los hogares y composición, producción de cosechas	Encuesta/cuestionarios	Línea de base, media y final



Indicador	Datos/Fuente	Herramienta de recolección	Frecuencia
Área plantada (en hectáreas) bajo la variedad recomendada o usando el material (semillas) para la región objetivo	Información clara acerca de materiales/variedades publicadas, características de las granjas y los productores, productividad de las cosechas	Encuesta/cuestionarios	Línea de base, media y final
Área (en hectáreas) bajo prácticas de uso eficiente de agua	Información clara acerca de las prácticas de agua, características de las granjas y los productores, productividad de las cosechas	Observaciones en visitas de campo, encuesta/cuestionario y datos de Sistemas de Información Geográfica	Línea de base, media y final
Número de cadenas de valor desarrollando modelos de negocios novedosos e incluyentes para impulsar agricultura resiliente al clima y de bajas emisiones	Información clara acerca de los modelos de negocio implementados	Observaciones en visitas de campo, entrevistas con informantes clave, encuesta/cuestionario,	Anual
Número de instituciones financieras conscientes de los beneficios y oportunidades del proyecto e involucrados en sus actividades	Información clara proveniente de la institución financiera acerca del conocimiento del proyecto	Entrevistas con informantes clave	Anual
Número de técnicos entrenados para usar y aplicar herramientas desarrolladas por los componentes del proyecto, diferenciadas por género e institución	Base de datos de eventos de fortalecimiento de capacidades	Listado de participantes en los eventos	Semianual
Porcentaje de incremento en el ingreso de los hogares por las actividades agrícolas	Información clara acerca del ingreso de la granja y los hogares	Encuesta/cuestionario	Línea de base, media y final
Porcentaje de cosechas perdidas debido a efectos climáticos, plagas y enfermedades	Información clara acerca de la producción de las granjas, choques climáticos, pérdidas de cosechas	Encuesta/cuestionario	Línea de base, media y final
Reducción en incidencia de plagas y enfermedades	Información clara acerca de las prácticas de manejo e incidencia de plagas y enfermedades	Encuesta/Cuestionario	Línea de base, media y final



**El futuro
es de todos**

**DNP
Departamento
Nacional de Planeación**

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2021).



ANEXOS

Anexo A. Matriz de resultados

Tabla 12. Indicadores básicos

Indicador	Descriptor	Valor
E.2.1. Toneladas equivalentes esperadas de dióxido de carbono (tCO ₂ e) a reducir o evitarse (mitigación y transversalidad únicamente)	Anual	366.081 tCO ₂ e
	Vitalicia	9.152.034 tCO ₂ e
E.2.2. Costo estimado por tCO ₂ e, definido como el costo total de inversión/reducciones de emisiones esperadas de por vida (mitigación y transversal solamente)	a. Financiación total del proyecto	99.910.201 USD
	b. Monto requerido de banca multilateral	73.283.080 USD
	c. Reducciones de emisiones previstas durante toda la vida útil	9.152.034 tCO ₂ e
	d. Costo estimado por t CO ₂ eq (d = a / c)	10,9 USD/tCO ₂ e
	e. Costo estimado por la banca multilateral t CO ₂ eq remueve (e = b / c)	8,01 USD/tCO ₂ e
E.2.3. Volumen previsto de financiación que se aprovechará en el proyecto/programa propuesto como resultado de la financiación del Fondo, desglosado por fuentes públicas y privadas (mitigación y transversal solamente)	f. Total de financiación apalancada	26.627.121 USD
	g. Cofinanciación de fuente pública	10.300.000 USD
	h. Financiación apalancada de fuente privada	16.327.121 USD
	i. Ratio apalancamiento total (i = f / b)	0,36
	j. Ratio de cofinanciación de fuentes públicas (j = g / b)	0,14
k. Ratio de apalancamiento de fuentes privadas (k = h / b)	0,22	



Indicador	Descriptor	Valor
E.2.4. Número total previsto de beneficiarios directos e indirectos, (desagregado por sexo)	Directos	619.691
		20 % mujeres
	Indirectos	347.996
		20 % mujeres
E.2.5. Número de beneficiarios en relación con la población total (desagregado por sexo)	Directos	1,21% expresado en % de la población total en Colombia (51.273.917 personas)
	Indirectos	0,68 % (expresado en % de la población total en Colombia (51.273.917 personas))

Fuente: Bioversity y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Tabla 13. Impactos a nivel de fondo

Resultados esperados	Indicadores	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-término	Final	
M4.0 Reducción de las emisiones por el uso de la tierra, reforestación, la reducción de la deforestación y mediante la gestión forestal sostenible y la conservación y mejora de las reservas de carbono forestal	M4.1 tCO2e reducidas o evitadas (incluyendo el aumento de las absorciones) - uso forestal y de la tierra	Medición de emisiones en campo y estimación de emisiones según el área de cultivos y ganado mejorados Inventarios nacionales de GEI para la agricultura en Colombia (si están disponibles para las cadenas de valor seleccionadas)	0 Sin intervenciones en el proyecto	98.961	498.190	Los agricultores adoptan paquetes tecnológicos y mejores prácticas en el manejo de cultivos y ganado Vida útil del proyecto: 25 años Reducción anual de emisiones: 366.081 tCO2e Reducción de emisiones de por vida: 9.152.034 tCO2e



Resultados esperados	Indicadores	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-término	Final	
A1.0 Aumento de la resiliencia y mejora de los medios de vida de las personas, comunidades y regiones más vulnerables	A1.2 Número de hombres y mujeres que se benefician de la adopción de opciones de medios de vida diversificadas y resilientes al clima (incluida la pesca, la agricultura, el turismo, etc.)	Plataforma de monitoreo, encuestas de campo, recolección de datos Datos secundarios: conjuntos de datos anuales de algunas asociaciones de productores; (i) arroz: Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM); (ii) Fenalce, (iii) conjuntos de datos de la Federación del Café (estadísticas anuales), y (iv) Fedepanela.	0 No hay beneficiarios del proyecto	16.200 (80 % hombres o 20 % mujeres)	54.000 ²⁷ (80 % hombres o 20 % mujeres)	Las capacidades creadas en las asociaciones de agricultores se mantienen y renuevan periódicamente y catalizan una mejor gestión de los riesgos climáticos Las estructuras/servicios de apoyo para la implementación de las mejores prácticas agrícolas están disponibles y formados El desglose entre hombres y mujeres se basa en las experiencias anteriores en las que sólo el 5,4 % de los productores eran mujeres jefas de hogar
A2.0 Mayor resiliencia de la salud y el bienestar, y de la seguridad alimentaria y del agua	A2.2 Número de hogares con seguridad alimentaria (en zonas/períodos en riesgo de sufrir impactos del cambio climático)	Plataforma de monitoreo, encuestas de campo, recolección de datos. Fuente secundaria: presupuesto Nacional de Gastos del Hogar del DANE.	1.113.514 ²⁸ hogares seguros en los departamentos rurales donde se llevarán a cabo las intervenciones del proyecto (23,8 % hogares	1.115.514 hogares seguros (23,8 % de los hogares liderados por mujeres. Esto implica 2.000 hogares en seguridad alimentaria)	1.123.514 hogares seguros (23,8 % liderados por hogares. Esto implica al final del proyecto 10.000 hogares en seguridad alimentaria)	Los agricultores implementan paquetes tecnológicos logrando estar preparados para cualquier evento climático adverso que pueda afectar su producción y así aumentar su probabilidad de lograr la seguridad alimentaria

²⁷ Para estimar las 54,000 personas, usamos el número de beneficiarios directos (solo productores, no miembros de la familia), multiplicado por las tasas de adopción de la evaluación ex-ante y otros estudios que indican que el nivel promedio de adopción de tecnología agrícola es 28 %. En este caso, solo contamos aquellos productores que realmente adoptan las tecnologías y prácticas y se benefician de ellas.

²⁸ Los hogares se calculan en base a la población rural dividida entre el tamaño promedio de personas por hogar (3,1) y el porcentaje de personas con inseguridad alimentaria en Colombia según la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional de 2015.



Resultados esperados	Indicadores	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-término	Final	
			liderados por mujeres)			La seguridad alimentaria es el acceso seguro y permanente de los miembros de un hogar a alimentos suficientes en cantidad y calidad, para una vida sana y activa (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012)
Cobeneficio social, ambiental y económico	Índice/indicador de cobeneficio social, ambiental y económico a nivel de impacto Aumento porcentual de los ingresos de los hogares procedentes de las actividades agrícolas	Líneas base, intermedias y finales Fuente secundaria: Presupuesto Nacional de Gastos del Hogar (ENPH) -DANE.	Ingreso neto promedio (USD por Ha) ²⁹ Arroz: 356 Caña de azúcar: 73 Bananos: 1.911 Café: 757 Ganadería: 127 carne y 21 leche Maíz: 407 Caña de Panela: 312 Papa: 629	4,4 %	14,6 % ³⁰	Los agricultores, conscientes de los riesgos de la variabilidad y el cambio climático, adoptan tecnologías que los hacen más resilientes a cualquier evento adverso al tiempo que aumentan su productividad y pueden vender más, lo que conduce a un aumento de los ingresos de los hogares generados por las actividades agrícolas Los valores de referencia se calcularon a partir de los datos de rendimiento promedio y precio para cada cultivo

Fuente: Bioversity y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

²⁹ Estimado con base en rendimiento promedio (tonelada por hectárea), precio (pesos colombianos por tonelada, tipo de cambio peso-dólar y costo por hectárea.

³⁰ El cambio porcentual se basa en el valor promedio observado del análisis ex-post de intervenciones anteriores.



Tabla 14. Resultados a nivel de fondo

Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
M9.0 Mejora de la gestión de la tierra o las zonas forestales que contribuyen a la reducción de las emisiones	M9.1 Hectáreas de tierra o bosques bajo gestión mejorada y eficaz que contribuya a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono	Datos primarios: Plataforma de monitoreo, encuestas de campo, recopilación de datos Datos secundarios: conjuntos de datos anuales de algunas asociaciones de productores: (i) arroz: ENAM; (ii) bovinos: conjuntos de datos de Fedegan; (iii) conjuntos de datos de la Federación del Café, y (iv) conjuntos de datos de la plataforma nacional de proyectos de reducción de GEI	55.263 Ha (Equivale a Ha bajo sistemas silvopastoriles en bovinos (38.390 Ha) y Ha bajo el sistema Amtec 2.0 de arroz (16.873 Ha) de los departamentos donde se llevarán a cabo las intervenciones del proyecto)	57.373 Ha Esto implica 2.119 Ha (inversión total) bajo prácticas de gestión sostenible siguiendo las directrices del proyecto. Arroz: 363 Ha Maíz: 218 Ha Papa: 160 Ha Ganadería: 929 Ha Plátano: 303 Ha	64.013 Ha Esto implica 8.750 ha (inversión total) bajo prácticas de gestión sostenible siguiendo las directrices del proyecto: Arroz: 1500 Ha Maíz: 900 Ha Papa: 660 Ha Patata: 600 Ha Ganadería: 3.840 Ha Plátano: 1.250 Ha	Los agricultores adoptan paquetes tecnológicos y mejores prácticas en la gestión de cultivos y ganado que contribuyen a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono
A6.0 Aumento de la generación y el uso de la información climática en la toma de decisiones	A6.1 Utilización de productos/ servicios de información climática en la toma de decisiones en sectores sensibles al clima	Datos primarios: Encuestas y actividades de formación a técnicos Datos secundarios: informes de asociaciones de productores sobre el uso de sus plataformas	Los planes anuales del sector agropecuario de los gremios se actualizan utilizando datos sobre los sistemas meteorológicos y de alerta temprana, y se capacita a los oficiales sectoriales y de	Los planes anuales del sector agropecuario de los gremios se actualizan utilizando datos meteorológicos y de alerta temprana, y los oficiales sectoriales y de pertinentes reciben	Los planes anuales del sector agropecuario de los gremios se actualizan utilizando datos sobre los sistemas meteorológico s y de alerta temprana, y se capacita a los oficiales sectoriales y	Los gremios desarrollan y adoptan productos y servicios de información climática para capacitar a los técnicos de extensión a tiempo para proporcionar información a los agricultores en el campo Utilizan la tecnología diseñada para reducir las posibles pérdidas debidas



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
			extensión pertinentes en la interpretación del pronóstico agroclimático, lo que lleva a una reducción de las pérdidas en la producción agrícola por un monto de 100.000 USD por año.	capacitación en la interpretación del pronóstico agroclimático, lo que lleva a una reducción de las pérdidas en la producción agrícola por un monto de 150.000 USD por año.	de extensión pertinentes en la interpretación del pronóstico agroclimático, lo que lleva a una reducción de las pérdidas en la producción agrícola por un monto de 300.000 USD por año.	a factores climáticos y hacerlos más resistentes. Esto supone que los gremios que ya tienen servicios climáticos mejoran su capacidad con respecto a los servicios climáticos, y aquellos gremios que no tienen sistemas establecidos, mejoran su postura en comparación con la línea de base
A7.0 Fortalecimiento de la capacidad de adaptación y reducción de la exposición a los riesgos climáticos	A7.1 Utilización de instrumentos, estrategias y actividades por parte de los hogares, las comunidades, las empresas y los servicios del sector público vulnerables para responder a la variabilidad y al cambio climático.	Plataforma de monitoreo, encuestas de campo, recopilación de datos Datos secundarios: conjuntos de datos anuales de algunas asociaciones de productores; i) Arroz: ENAM; ii) Bovinos: conjuntos de datos de FEDEGAN; iii) Conjuntos de datos de la Federación del Café; iv) Otras asociaciones	0 (ya que no existen instrumentos, estrategias y actividades respaldados por el Fondo)	16.077 son los nuevos usuarios de estas herramientas como resultado del proyecto que se componen de la siguiente manera: Arroz: 653 Patata: 2.543 Caña de azúcar: 227 Caña de panela: 1.976 Ganadería lechera: 1.363 Ganadería: 1.363 Maíz: 1,098 Plátano: 88 Café: 6.480 Gremios: dos estrategias	53.590 nuevos usuarios de estas herramientas como resultado del proyecto se componen de la siguiente manera: Arroz: 2.175 Patata: 8.476 Caña de azúcar: 758 Caña de panela: 6.586 Ganadería lechera: 4.544 Ganadería: 4.544 Maíz: 3.659 Plátano: 294 Café: 21.600	Las tecnologías, herramientas, estrategias están disponibles y responden a las necesidades del sector La información se difunde y las organizaciones/instituciones la conocen Al menos cinco estrategias de gremios incluyeron información y algunas herramientas del proyecto Sobre la base de las encuestas de línea de base, a medio plazo y finales del proyecto, encuestas cortas después de cada evento, el proyecto supervisará si los



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
				(80 % hombres, 20 % mujeres jefas de hogar) Los agricultores se han adaptado y tienen un aumento de ingresos de 4,4 %	Gremios: cuatro estrategias (80 % hombres, 20 % mujeres jefas de hogar) Los agricultores se han adaptado y tienen un aumento de ingresos del 14,6 %	participantes utilizan las herramientas, instrumentos, etc., generados por el proyecto.
A8.0 Mayor conciencia sobre las amenazas climáticas y los procesos de reducción de riesgos	A8.1 Número de hombres y mujeres sensibilizados sobre las amenazas climáticas y las respuestas apropiadas relacionadas	Encuestas y grupos focales Datos secundarios: conjuntos de datos anuales de algunas asociaciones de productores: (i) arroz: ENAM; (ii) bovinos: conjuntos de datos de Fedegan; (iii) conjuntos de datos de la Federación del Café, y (iv) otras asociaciones	57.978 agricultores y técnicos ³¹	95.745 (80 % hombres, 20 % mujeres)	224.916 (80 % hombres, 20 % mujeres)	La información agroclimática generada se recibe de manera efectiva, lo que mantiene el interés de los agricultores en participar activamente en el proyecto Las herramientas están disponibles y responden a las necesidades de técnicos y asociaciones de productores Los técnicos participan en las actividades de formación. Se aplicarán las mismas metodologías utilizadas para las encuestas ENAM

³¹ Encuestas ENAM y Amtec.



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
						y Amtec para medir el rendimiento cada año
	Número de tecnologías y soluciones innovadoras transferidas o autorizadas para apoyar el desarrollo de bajas emisiones y resiliente al clima	<p>Plataforma de monitoreo, encuestas de campo, recopilación de datos</p> <p>Datos secundarios: conjuntos de datos anuales de algunas asociaciones de productores: (i) arroz: ENAM; (ii) bovinos: conjuntos de datos de Fedegan; (iii) conjuntos de datos de la Federación del Café, y (iv) otras asociaciones</p>	0	Un total de 9 nuevas medidas y 0 tecnologías adoptadas Medidas: sostenibilidad en la ganadería, planificación de la restauración del paisaje (caña de azúcar y ganado), uso eficiente de fertilizantes (papa y arroz), bajo consumo de agua (arroz y papa), restauración de tierras (musáceas y papa)	Un total de 20 nuevas medidas y 3 tecnologías adoptadas Medidas: sostenibilidad en ganadería, planificación de la restauración del paisaje (caña de azúcar y ganadería), bajo consumo de agua (arroz, papa, caña de azúcar y musáceas), uso eficiente de fertilizantes (papa, maíz, arroz, panela y musácea), restauración de tierras (musácea, papa, caña de azúcar y ganado), técnicas bajas en carbono (arroz, maíz, papa, panela,	<p>Las tecnologías, herramientas, estrategias están disponibles y responden a las necesidades del sector. La información se difunde y las organizaciones/ instituciones la conocen</p> <p>Los agricultores adoptan paquetes tecnológicos y mejores prácticas en la gestión de cultivos y ganado que contribuyen a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono</p>



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
						ganado y musáceas) Tecnologías (3): nuevas variedades para arroz, maíz y caña de azúcar

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Tabla 15. Indicadores de desempeño

Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea Base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
1.1 Fortalecimiento y modernización del sistema de extensión agrícola con énfasis en la adaptación y mitigación	Porcentaje de agricultores/técnicos que percibieron que sus conocimientos mejoraron como resultado de un sistema de extensión agrícola fortalecido y modernizado diferenciado por género	Plataforma de monitoreo (1) y encuestas (3) directamente con los técnicos después de las sesiones de capacitación	No aplica	15 %	60 %	Los 2.200 agricultores siguen interesados y participan activamente en las actividades del proyecto Las organizaciones y asociaciones de productores locales apoyan la iniciativa y están dispuestas a participar Los valores se basan en resultados observados en el pasado de experiencias similares



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea Base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
1.1 Fortalecimiento y modernización del sistema de extensión agrícola con énfasis en la adaptación y mitigación	Porcentaje de agricultores que utilizan como fuente de información para servicios agroclimáticos (boletines, mensajes de texto de alerta temprana, información en línea), aquellos promovidos por los gremios	Encuestas e información de usuarios de las plataformas de los gremios	21,5 % de agricultores	25 % de agricultores	32,25 % de agricultores	<p>La información de pronóstico es utilizada por los agricultores como fuente para la toma de decisiones de gestión</p> <p>La meta supone un aumento del 50 % con respecto a la línea de base del porcentaje de agricultores que utilizan los servicios agroclimáticos</p> <p>Para tener en cuenta la calidad, la definición de uso será que la información recibida se entiende y fue útil</p>
1.2 Servicios agroclimáticos existentes y/o fortalecidos	Número de agricultores conscientes y que saben diferenciar los riesgos climáticos, sus efectos y las medidas de mitigación relacionadas, diferenciados por género	Encuestas y grupos focales	57.665 agricultores ³²	94.681 Esto incluye 29.612 agricultores objetivo (20 % mujeres)	222.097 Esto incluye a 98.710 agricultores objetivo (20 % mujeres)	La información agroclimática generada se recibe de manera efectiva, lo que mantiene el interés de los agricultores en participar activamente en el proyecto
2.1. Fortalecimiento del banco de germoplasma, desarrollo de nuevas variedades resistentes al clima y distribución masiva de sus semillas	Superficie plantada (en hectáreas) bajo la variedad o utilizando semillas recomendadas para la zona	Encuestas y datos secundarios de gremios. Datos secundarios: conjuntos de datos anuales de algunas asociaciones de	190.000 Ha	193.600 Ha Esto incluye 3.600 Ha objetivo durante la implementación del proyecto.	202.000 Ha Esto incluye 12.000 Ha durante la implementación del proyecto	Las actividades de campo para el desarrollo de variedades no se retrasan por fenómenos meteorológicos severos

³² Encuestas ENAM y Amtec.



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea Base	Medio-termino	Meta Final	Suposiciones
		productores: (i) arroz: ENAM; (ii) Fenalce; (iii) conjuntos de datos de la Federación del Café (estadísticas anuales), y (iv) Fedepanela				
2.2. Uso más eficiente de los recursos hídricos, restauración de las propiedades del suelo y mejora de las prácticas de mitigación de GEI por parte de agricultores y gremios mediante la adopción de nuevas prácticas y tecnologías climáticamente inteligentes	Superficie (en hectáreas) sometida a prácticas eficientes de uso del agua	Encuestas, herramientas del Sistema de Información Geográfica. Datos secundarios: conjuntos de datos anuales de algunas asociaciones de productores: (i) arroz: ENAM; (ii) Fenalce; (iii) conjuntos de datos de la Federación del Café (estadísticas anuales), y (iv) Fedepanela	No aplica	758	1.896	Los agricultores siguen interesados y participan activamente en las actividades del proyecto Las actividades de extensión son efectivas y se ejecutan de manera oportuna
3.1. Modelos de negocio mejorados que proporcionen a los agricultores beneficios razonables y mejores prácticas de mitigación de GEI	Número de cadenas de valor que desarrollan modelos de negocio novedosos e inclusivos para impulsar una agricultura resiliente al clima y de bajas emisiones	Encuestas de referencia, intermedias y finales	No aplica	2	4	Los gremios perciben el fortalecimiento de sus capacidades para implementar modelos de negocio novedosos e inclusivos



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea Base	Meta		Suposiciones
				Medio-termino	Final	
3.1 Modelos de negocio mejorados que proporcionan a los agricultores beneficios razonables y mejores prácticas de mitigación de GEI	Número de instituciones financieras conscientes de los beneficios y oportunidades del proyecto y que participan en las actividades del proyecto	Entrevistas de referencia, intermedias y finales	No aplica	7	10	Las instituciones financieras participaron activamente en el proyecto En el marco de este proyecto, nos centraremos en las instituciones financieras ³³ con actividades actuales en el sector agrícola
3.2. Modernización de los servicios de asistencia técnica y extensión agropecuaria con estrategias multiherramienta, diferenciadas y adaptadas a contextos ambientales, sociales, de género y productivos específicos a nivel nacional	Porcentaje de pérdida de cultivos debido a los efectos climáticos	Encuestas de referencia, intermedias y finales Indicadores de Sendai	20,9 %	19,8 % (equivalente a una reducción del 5 % desde la línea base)	16,7 % (equivalente a una reducción del 20 % desde la línea base)	Los agricultores adoptan recomendaciones y adoptan tecnologías para aumentar su resiliencia a los fenómenos meteorológicos adversos y, por lo tanto, reducir las pérdidas de cultivos
3.2. Modernización de los servicios de asistencia técnica y extensión agropecuaria con estrategias multiherramienta, diferenciadas y adaptadas a contextos ambientales, sociales, de género y productivos específicos a nivel nacional	Reducción de la incidencia de plagas y enfermedades inducidas por el clima	Encuestas de referencia, intermedias y finales	5,8 %	5,5 % (equivalente a una reducción del 5 % desde el inicio)	4,6 % (equivalente al 20 % desde el inicio)	Los agricultores adoptan las recomendaciones de expertos en agricultura de precisión donde logran reducir el impacto de las plagas y enfermedades inducidas por el clima en sus cultivos

³³ Por institución financiera se entienden instituciones financieras nacionales como Finagro y Fiduagraria, bancos comerciales (por ejemplo, Banco Agrario, Bancamía, Banco W), instituciones microfinancieras (por ejemplo, Contactar, Finanzfuturo), cooperativas (por ejemplo, Confiar, CoopKennedy) y compañías de seguros (por ejemplo, Mapfre).



Resultados esperados	Indicador	Medios de verificación	Línea Base	Medio-termino	Meta Final	Suposiciones
----------------------	-----------	------------------------	------------	---------------	------------	--------------

Fuente: *Bioversity* y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).

Tabla16 . Actividades por resultado

Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Resultado 1.1. Fortalecimiento y modernización del sistema de extensión agrícola con énfasis en la adaptación y mitigación			
Actividad 1.1.1	Organizar la información de los diferentes repositorios y bases de datos de asociaciones de productores (sistemas públicos y de libre acceso) para conectarlos con la información actualizada disponible en las plataformas de libre acceso existentes a través de la teledetección u otras fuentes	<p>SA1. Desarrollo de una estrategia de recolección de datos asociados a indicadores ambientales, sociales, tecnológicos, productivos y económicos</p> <p>SA2. Desarrollo de un protocolo para la integración de bases de datos con información de cultivos existente</p> <p>SA3. Procesamiento y limpieza de la información de la base de datos</p> <p>SA4. Consolidación de la información procesada en un sistema de gestión de bases de datos</p> <p>SA5. Análisis de datos mediante métodos basados en <i>machine learning</i> y optimización computacional</p> <p>SA6. Difusión de los resultados para validar recomendaciones en campo</p> <p>SA7. Desarrollo de algoritmos para el análisis de datos.</p> <p>SA8. Diseño o ajuste de plataformas de captura, almacenamiento y difusión de información.</p>	<p>Recomendaciones de manejo específico del sitio para 381.000 Ha/46.056 productores para siete cultivos (arroz, maíz, papa, caña de azúcar panela, ganado, banano y plátano) en 213 municipios</p> <p>Siete plataformas de <i>big data</i> que proporcionan recomendaciones específicas del sitio para 381.000 Ha/46.056 productores para siete cultivos (arroz, maíz, papa, caña de azúcar, ganado, banano y plátano) en 213 municipios</p>



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Actividad 1.1.2	Desarrollar un instrumento digital basado en robots para fortalecer el servicio de extensión. Hay planes para desarrollar herramientas de comunicación que faciliten la interacción hombre-máquina para brindar respuestas automáticas a las preguntas frecuentes en conversaciones entre agricultores y técnicos. Esto facilitará compartir las recomendaciones derivadas del análisis de datos, así como las previsiones agroclimáticas	<p>SA1. Desarrollo de sistemas de difusión masiva basados en un <i>bot</i> (sistema de interacción de respuesta automática) para fortalecer los servicios de extensión de las asociaciones de productores</p> <p>SA2. Involucrarse con los usuarios potenciales para recopilar una línea de base de la información requerida con mayor frecuencia para la toma de decisiones a través de talleres, entrevistas, cuestionarios y posiblemente grupos focales</p> <p>SA3. Creación de un asistente automático para intercambiar información agroclimática con los productores, a través de chats o mensajes de texto sobre fechas de siembra, elección de variedades y pronósticos de lluvia, entre otros</p>	Servicio de <i>bot</i> brindando recomendaciones a 15.256 productores para tres cultivos (arroz, maíz y papa).
Actividad 1.1.3	Diseñar y desarrollar todo el sistema operativo de minería y análisis de datos que permitirá interconectar toda la información disponible. A su vez, se desarrollarán sistemas que permitan la automatización de procesos de análisis y modelado, en un esfuerzo por incentivar recomendaciones más robustas y procesos más ágiles y eficientes	<p>SA1. Identificación de variables para mejorar el análisis y las recomendaciones específicas del sitio</p> <p>SA2. Instrumentación para la captura de información mediante sensores remotos (drones) y sensores no remotos (sensores de rendimiento, humedad del suelo, electroconductividad, sensores de humedad foliar, etc.)</p> <p>SA3. Desarrollo de una rutina de gestión de datos para permitir la integración de la información recopilada por la instrumentación a plataformas <i>big data</i>.</p>	1.215 profesionales y técnicos vinculados a siete cultivos (arroz, maíz, papa, panela, caña de azúcar, ganadería, banano y plátano) capacitados.
Actividad 1.1.4	Capacitar a técnicos en el uso y aplicación de métodos avanzados de análisis de datos, incluyendo: (i) realización de talleres de	SA1. Diseño e implementación de un programa de capacitación, difusión y promoción sobre el uso, requisitos y ventajas del uso de la plataforma <i>big data</i> dirigido a técnicos de las asociaciones de productores, otros practicantes, productores y otros actores relevantes.	1.215 profesionales y técnicos vinculados a siete cultivos (arroz, maíz, papa, panela, caña de azúcar, ganadería,



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
	capacitación presenciales y virtuales, y estancias cortas de profesionales de asociaciones de productores en el CIAT y otros centros de excelencia, para desarrollar habilidades en el uso de minería de datos, computación evolutiva y sensores remotos para generar información para la toma de decisiones en campo; (ii) desarrollar, validar e implementar un módulo basado en interfaces gráficas para facilitar el análisis y consulta de datos, dirigido a técnicos de asociaciones de productores, y (iii) formación de formadores en Alfabetización Informacional para productores con enfoque étnico y de género y desarrollar e implementar medios de difusión, incluyendo plataformas de comunicación.	SA2. Desarrollar, validar e implementar un módulo basado en interfaces gráficas para facilitar el análisis y consulta de datos, dirigido a técnicos de asociaciones de productores SA3. Formación de formadores en Alfabetización Informacional para productores con enfoque étnico y de género y desarrollo e implementación de medios de difusión	banano y plátano) capacitados.
Resultado 1.2. Servicios agroclimáticos implementados y/o fortalecidos			
Actividad 1.2.1	Diseñar y/o fortalecer los servicios de información agroclimática. Busca ampliar la cobertura de los servicios de información para reducir el riesgo agroclimático para nuevos sistemas productivos (papa, panela, ganadería, banano y plátano) y fortalecer los servicios de información	SA1. Evaluación de pronósticos climáticos a diferentes escalas de tiempo (por ejemplo, estacional, subestacional) explorando la influencia de factores meteorológicos (por ejemplo, actividad tropical en el océano Atlántico) en el comportamiento climático estacional e incluir su efecto en las proyecciones estacionales	Cuatro plataformas agroclimáticas mejoradas con mejor desempeño predictivo (caña de azúcar, café, arroz y maíz) que atienden a 89.000 productores. Cinco nuevas plataformas agroclimáticas en operación (papa, panela, ganadería,



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
	agroclimática existentes que funcionan de manera independiente para arroz, maíz, caña de azúcar y café	<p>SA2. Desarrollar una red de recolección de información climática (red de estaciones meteorológicas) en sitios priorizados</p> <p>SA3. Identificar y mapear áreas que son vulnerables a experimentar estrés hídrico y biológico, en función de su suministro de agua</p> <p>SA4. Creación, estructuración e implementación del Servicio Agroclimático de Cenicaña para el Valle del Río Cauca, que incluye la automatización del sistema de predicción de la productividad de la caña de azúcar y el análisis de variables climáticas</p> <p>SA5. Ajustar y validar modelos de predicción climática en café y su relación con enfermedades, y hacer recomendaciones</p>	banano y plátano) que atienden a 37.123 productores.
Actividad 1.2.2	Desarrollar modelos de predicción climática y meteorológica más exactos y precisos y modelos complementarios mejorados de simulación de cultivos utilizando modelos climáticos de nueva generación, mejorando el rendimiento de los modelos de predicción climática, modelando procesos fisiológicos de cultivos, incluidas alertas de plagas, enfermedades y otros factores abióticos (por ejemplo, heladas), y planificación y optimización del riego	<p>SA1. Evaluación de pronósticos climáticos a diferentes escalas de tiempo (por ejemplo, estacional, subestacional) explorando la influencia de factores meteorológicos (por ejemplo, actividad tropical en el océano Atlántico) en el comportamiento climático estacional e incluir su efecto en proyecciones estacionales para ocho cultivos (arroz, maíz, papa, panela, caña de azúcar, ganadería, café, banano y plátano)</p> <p>SA2. Desarrollar e implementar nuevos métodos para la calibración de modelos de simulación (por ejemplo, grupos de variedades genéricas), así como protocolos para la captura de datos durante las evaluaciones experimentales (por ejemplo, grupo de mejoramiento de parcelas experimentales para recopilar información útil para la calibración del modelo</p>	<p>Modelos de simulación calibrados para ocho cultivos (arroz, maíz, papa, panela, caña de azúcar, ganadería, café, banano y plátano) para 24 conjuntos de materiales genéticos</p> <p>Evaluación y caracterización bioclimática de regiones ganaderas en Colombia</p> <p>Desarrollo y calibración de modelos de predicción de alertas de plagas y enfermedades (basadas en el clima) para tres cultivos (arroz,</p>



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
		SA3. Calibración de modelos de simulación bajo diferentes condiciones de manejo agronómico (riego y fertilización) mediante la evaluación de módulos de balance hídrico y nitrogenado	café y caña de azúcar panelera)
		SA4. Evaluación del desempeño de modelos de simulación a nivel de parcelas comerciales.	Un servicio de pronóstico de escala de tiempo de 1 a 10 días para el arroz
		SA5. Determinar la incertidumbre resultante de la modelización climática y agronómica y su acoplamiento	Un servicio de pronóstico subestacional de 1 a 3 semanas para el arroz
		SA6. Análisis de variables climáticas y biofísicas en zonas de producción ganadera	
Actividad 1.2.3	Conectar pronósticos agroclimáticos con modelos de inteligencia artificial (Resultado 1.1)	SA1. Integración de información agroclimática a sistemas de difusión masiva (<i>bot</i>)	Un millón de productores reciben recomendaciones agroclimáticas a través de plataformas agroclimáticas y servicios <i>bot</i> para siete cultivos (arroz, maíz, papa, panela, banano, plátano y caña de azúcar) y ganadería
		SA2. Pruebas de usabilidad con productores de plataformas agroclimáticas y sistemas de difusión masiva	
		SA3. Ajustes en las salidas y generación de nuevos servicios en función de las necesidades	
		SA4. Generación de interfaces de visualización dirigidas a diferentes usuarios según las necesidades de información agroclimática	
Actividad 1.2.4	Fortalecer mecanismos de difusión de información agroclimática y transferencia de capacidades	SA1. Diseño e implementación de un programa de capacitación, difusión y promoción sobre el uso, requisitos y ventajas del uso de las plataformas agroclimáticas, dirigido a técnicos de las asociaciones de productores, otros practicantes, productores y otros actores relevantes	961 personas capacitadas en seis cultivos (arroz, maíz, papa, caña de azúcar, banano y plátano) y ganadería.
		SA2. Fortalecimiento de los mecanismos de coproducción, traducción, transferencia y uso de información	Operación de todas los Comités Técnicos Agroclimáticos existentes (13).



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
		agroclimática en los Comités Técnicos Agroclimáticos existentes	Creación y operación de al menos 2 Comités Técnicos Agroclimáticos.
		SA3. Funcionamiento y creación de nuevos Comités Técnicos Agroclimáticos	
Actividad 1.2.5	Otras actividades relacionadas con la producción, transferencia o uso de información agroclimática (automatización de información meteorológica, análisis de señales de cambio climático, modelos de balance de nutrientes)	SA1. Modelar, mediante el uso de información generada por Cenicafé y nuevas investigaciones, las entradas y salidas de nutrientes en los sistemas de producción de café ante la variabilidad climática SA2. Análisis de información climática histórica de la red de estaciones del sector cañero SA3. Evaluar los módulos de balance hídrico y fertilización de los modelos de cultivo de arroz, con el fin de ampliar su aplicación en la toma de decisiones y en la optimización de los recursos naturales y agroindustriales	Desarrollo de un modelo de alertas nutricionales (basadas en el clima) para café Exploración de señales de cambio climático en la CRV (1994-2020) para la región llana del departamento del Valle del Cauca Desarrollo de módulos de balance hídrico y fertilización para modelos de arroz
Resultado 2.1. Banco de germoplasma fortalecido, nuevas variedades resistentes al clima desarrolladas y sus semillas distribuidas masivamente			



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Actividad 2.1.1.	Desarrollar una plataforma de fenotipado de última generación diseñada para identificar la producción baja en carbono y los recursos genéticos resistentes al clima	SA1. Instalar, calibrar y probar cámaras de crecimiento diseñadas para simular condiciones climáticas futuras mediante la manipulación de la iluminación, la temperatura y la humedad relativa SA2. Instalar y probar equipos de campo que admitan la captura de datos de imágenes y sensores SA3. Calibrar y probar cámaras y sensores para cuantificar el impacto del estrés abiótico en la fotosíntesis SA4. Secuenciación de material genético parental y/o descendencia SA5. Aplicación de un modelo de selección genómica	Una plataforma de fenotipado desarrollada y al servicio de los cultivos
Actividad 2.1.2.	Identificar accesiones tolerantes al calor, la sequía y el exceso de agua para arroz, maíz, papas, musáceas y ganado (forrajes)	SA1. Detectar rasgos fisiológicos utilizando la plataforma de fenotipado establecida en la Actividad 2.1.1. SA2. Secuenciación de Ácido desoxirribonucleico (ADN) para identificar regiones del genoma que controlan los rasgos evaluados SA3. Identificar características para aumentar la resiliencia de los cultivos SA4. Selección y evaluación bajo condiciones controladas por déficit hídrico, bajo nitrógeno y anegamiento de líneas parentales élite	Cinco accesiones con tolerancia al calor y sequía identificadas para cultivos de arroz, forrajes, banano, maíz y caña de azúcar



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Actividad 2.1.3.	Desarrollar nuevas variedades a partir de líneas avanzadas para la adaptación y mitigación del cambio climático para arroz, maíz, ganadería, banano (variedades tolerantes o resistentes al déficit hídrico y enfermedades que demandan un alto uso de fungicidas químicos, como la Sigatoka negra) y caña de azúcar (variedades con déficit hídrico, encharcamiento y mayor eficiencia en el uso de nitrógeno)	<p>SA1. Establecimiento de parcelas experimentales para la evaluación y selección de materiales</p> <p>SA2. Caracterización y selección de líneas, híbridas o variedades con tolerancia a altas temperaturas nocturnas, baja radiación y altas concentraciones de dióxido de carbono</p> <p>SA3. Nuevos cruces con líneas prometedoras</p> <p>SA4. Validación y evaluación de desempeño de materiales desarrollados en otros países pero que no han sido probados en Colombia</p> <p>SA5. Selección de líneas con mejor desempeño</p> <p>SA6. Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero de diferentes materiales genéticos</p> <p>SA7. Proceso de registro de materiales y liberación de nuevos materiales</p>	Ocho nuevos materiales al servicio de los productores de arroz, banano, forrajes, maíz y caña de azúcar
Actividad 2.1.4.	Multiplicación masiva de semillas de café, caña de azúcar, panela, papa, banano y plátano mediante cultivo in vitro o el método de los cogollos para su distribución a los agricultores	<p>SA1. Establecer protocolo de termoterapia</p> <p>SA2. Limpieza por crioconservación</p> <p>SA3. Multiplicación de materiales</p> <p>SA4. Detección de virus y enfermedades</p> <p>SA5. Implementación de la técnica in vitro de Embriogénesis Somática</p> <p>SA6. Implementar el uso de biorreactores para el escalado.</p>	Cuatro protocolos de propagación para los cultivos de papa, plátano, café, caña de azúcar y caña de panela. Semilleros de la especie propagada para establecer ensayos en 230 hectáreas para los mismos cultivos



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Resultado 2.2. Uso más eficiente de los recursos hídricos, restauración de las propiedades del suelo y mejora de las prácticas de mitigación de GEI por parte de agricultores y gremios mediante la adopción de nuevas prácticas y tecnologías climáticamente inteligentes			
Actividad 2.2.1.	Cuantificación de la huella hídrica de línea de base en seis cultivos (papa, caña de azúcar, panela, banano, plátano y ganadería) y en la fase industrial de la producción de azúcar	<p>SA1. Definición y/o instalación de parcelas de cultivo para mediciones</p> <p>SA2. Compra, instalación y calibración de equipos</p> <p>SA3. Recogida de datos y registro de otras variables de interés</p> <p>SA4. Medición del consumo de agua para diferentes tecnologías y técnicas de manejo para los cultivos priorizados por el proyecto</p> <p>SA5. Recogida de información complementaria</p> <p>SA6. Medición de huellas hídricas para diferentes cultivos bajo diferentes modelos productivos</p>	<p>Valores de consumo de agua medidos para el manejo convencional de cinco cultivos (papa, panela, caña de azúcar, caña de azúcar, plátano, banano) y producción pecuaria en 16 zonas del país</p> <p>Huellas hídricas calculadas para el manejo convencional de cuatro cultivos (papa, panela, caña, plátano, banano) y producción ganadera en dieciséis 16 localidades</p>
Actividad 2.2.2.	Cuantificación de la huella de carbono de línea base para siete cultivos (arroz, papa, caña de azúcar, caña de panela, banano, plátano y ganadería), uso de fertilizantes y procesamiento industrial en el cultivo de la caña de azúcar	<p>SA1. Definición y/o instalación de parcelas de cultivo para mediciones</p> <p>SA2. Compra, instalación y calibración de equipos para medir GEI</p> <p>SA3. Recopilación de información y registro de datos sobre la medición de GEI y otras variables de interés</p> <p>SA4. Cuantificación de GEI para diferentes materiales genéticos, tecnologías y técnicas de manejo para los cultivos priorizados por el proyecto</p> <p>SA5. Recopilación de información complementaria</p> <p>SA6. Cuantificación de la huella de carbono para diferentes cultivos bajo diferentes modelos productivos</p>	<p>Factores de emisión NIVEL 2 para tecnologías o técnicas de manejo convencional para ocho cultivos (arroz, maíz, papa, panela, caña de azúcar, caña de azúcar, banano, plátano, café) y ganadería en 22 zonas del país</p> <p>Huellas de carbono calculadas para tecnologías o técnicas de manejo convencional para siete cultivos (arroz, papa, panela, caña de azúcar, caña de azúcar, banano, plátano) y ganadería</p>



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Actividad 2.2.3.	Modelado hidrológico de cuencas para identificar puntos de captación de agua en sistemas productivos de arroz, caña panelera, banano y café	<p>SA1. Recolectar información espacial e hidroclimática en la cuenca</p> <p>SA2. Construcción y validación del modelo hidrológico y generación de escenarios de cambios de cobertura y pronósticos climáticos</p> <p>SA3. Mapeo, identificación y validación de puntos de captación de agua</p> <p>SA4. Generación de rutas de conducción de agua</p> <p>SA5. Construcción de reservorios de agua (caña panela, plátano y café)</p> <p>SA6. Talleres de formación para profesionales del sector</p> <p>SA7. Planificación eficiente de los usos del agua a nivel de distritos de riego</p>	Implementación de modelos de planificación para el uso eficiente del agua en cuatro cuencas de abastecimiento de agua para cuatro cultivos (arroz, caña panelera y plátano)
Actividad 2.2.4.	Evaluación de prácticas eficientes de uso del agua en procesos de manejo y transformación agronómica (por ejemplo, molienda de caña panelera) en cultivos de papa, caña panelera, plátano, banano, café y ganadería	<p>SA1. Identificar y formular prácticas de manejo agronómico y de transformación industrial</p> <p>SA2. Seleccionar e implementar parcelas productivas convencionales con prácticas de uso eficiente</p> <p>SA3. Instalación de equipos para monitorear el balance de humedad</p> <p>SA4. Crear balance de humedad y monitorear la calidad del agua</p> <p>SA5. Cuantificación de la huella hídrica en sistemas convencionales y prácticas de uso eficiente del agua</p>	<p>Valores de consumo de agua medidos para diez tecnologías o técnicas de manejo sostenible para cinco cultivos (papa, panela, caña de azúcar, plátano, banano, café) y producción pecuaria en 16 zonas del país</p> <p>Evaluación del desempeño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y lodos en cuatro localidades.</p>



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
		SA6. Talleres de capacitación en monitoreo y gestión de sistemas de uso eficiente del agua.	Ocho huellas hídricas calculadas para ocho tecnologías o técnicas de manejo sustentable en cuatro cultivos (papa, panela, caña, plátano, banano) y ganadería en 16 localidades
Actividad 2.2.5.	Evaluación de prácticas de mitigación de emisiones de GEI en procesos de transformación y manejo agronómico en cultivos de arroz, maíz, papa, panela, plátano, banano, café, caña de azúcar y ganadería	SA1. Definición y/o instalación de parcelas de cultivo para mediciones SA2. Compra, instalación y calibración de equipos para medir GEI SA3. Recopilación de información y registro de datos sobre la medición de GEI y otras variables de interés SA4. Cuantificación de GEI para diferentes materiales genéticos, tecnologías y técnicas de manejo para los cultivos priorizados por el proyecto SA5. Recogida de información complementaria SA6. Cuantificación de la huella de carbono para diferentes cultivos bajo diferentes modelos productivos	Factores de emisión Nivel 2 para 115 materiales genéticos, 18 tecnologías o técnicas de manejo para ocho cultivos (arroz, maíz, papa, panela, caña de azúcar, caña de azúcar, banano, plátano, café) y ganadería y seis dietas de suplementación de alimentos para ganado en 22 zonas del país 14 huellas de carbono calculadas para 10 tecnologías o técnicas de manejo sustentable de cultivos en seis cultivos (arroz, papa, panela, caña de azúcar, caña de azúcar, banano, plátano) y ganadería
Actividad 2.2.6.	Restauración del paisaje en sistemas de cultivo de caña de azúcar y ganadería	SA1. Identificación de áreas potenciales de intervención y unidades de paisaje SA2. Implementación de un vivero para la propagación de especies nativas SA3. Mapeo de cobertura terrestre	Sistemas ganaderos sostenibles implementados en 3.840 Ha en 16 zonas del país



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
		SA4. Implementación	
Actividad 2.2.7.	Implementación masiva de tecnologías de manejo agronómico y procesos de transformación que permitan un uso más eficiente del agua y promuevan un desarrollo bajo en carbono en la producción de arroz, maíz, papa, caña de azúcar, plátano, banano y ganadería	SA1. Selección de fincas y lotes beneficiarios SA2. Capacitación a productores SA3. Implementación de modelos productivos sustentables en siete cultivos priorizados por el proyecto SA4. Generación de material de difusión SA5. Implementación de sistemas/prácticas sostenibles a nivel regional	5.750 Ha en modelos productivos sostenibles de arroz, maíz, papa, panela, caña de azúcar, banano y plátano para reducir las emisiones de GEI y el consumo de agua en 33 zonas productivas del país
Resultado 3.1. Modelos comerciales mejorados que brindan a los agricultores ganancias razonables y mejores prácticas de mitigación de GEI			
Actividad 3.1.1	Fortalecer las capacidades de gremios para utilizar herramientas habilitadas digitalmente que mejoren la prestación de servicios a los agricultores con énfasis en un sistema de producción rentable que también reduzca las emisiones de GEI y aumente la resiliencia climática	SA1. Evaluación de las capacidades y necesidades de los gremios, así como oportunidades para informar mejor su asignación de recursos (humanos, financieros) para responder a las demandas de los agricultores y ayudarlos a gestionar el clima en su beneficio SA2. Diseño conjunto de planes de implementación para gremios en los procesos de toma de decisiones para mejorar de manera rentable su provisión de servicios relacionados con el clima a los agricultores SA3. Codesarrollar mecanismos de bucle de retroalimentación para proporcionar información a los gremios para informar la asignación de recursos/esfuerzos (humanos, financieros) para la prestación de servicios relacionados con el clima a los agricultores	Ocho gremios fortalecidos en los procesos de toma de decisiones



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Actividad 3.1.2	Implementar modelos comerciales inclusivos, resilientes al clima y bajos en carbono para productos y servicios agrícolas	<p>SA1. Sistematización de los resultados generados por los componentes del proyecto sobre agricultura digital, prácticas climáticamente inteligentes y bajas en carbono para orientar su inclusión en los modelos de negocio</p> <p>SA2. Coordinar a productores, gremios, compradores y demás actores de las cadenas de valor, para priorizar oportunidades de mejora, así como barreras que limiten el escalamiento de resiliencia climática y prácticas bajas en emisiones</p> <p>SA3. Diseño de una estrategia de escalamiento (con gremios, productores y otros actores) que permita la integración de elementos de agricultura digital y servicios climáticos a las cadenas de valor, para aumentar la resiliencia climática y mitigar las emisiones de GEI</p> <p>SA4. Implementar modelos de negocio para productores y compradores, para potenciar prácticas de mitigación climática y evaluar oportunidades de mercado para productos diferenciales</p> <p>SA5. Evaluar cambios en los modelos de negocio de productores y compradores, e identificar lecciones aprendidas y factores de éxito en la ampliación de mecanismos de agricultura digital y prácticas bajas en carbono en las cadenas de valor</p>	<p>Ocho estrategias para aumentar la resiliencia climática y las prácticas de reducción de emisiones de GEI para cadenas de valor seleccionadas</p> <p>Ocho modelos de negocio con enfoque de adaptación y reducción de emisiones de GEI (diseñados, implementados y evaluados)</p>



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
Actividad 3.1.3.	Mejorar el compromiso del sector financiero con los agricultores y sus necesidades y esfuerzos en actividades de resiliencia y mitigación climática	<p>SA 1. Implementación de un programa de desarrollo de capacidades para sensibilizar a las instituciones del sector financiero (bancos, Fondo Monetario Internacional, cooperativas financieras, compañías de seguros, etc.) sobre los mecanismos de eliminación de riesgos a mediano y largo plazo que el proyecto implementará a lo largo de sus componentes (por ejemplo, DCIP, prácticas y tecnologías climáticamente inteligentes)</p> <p>SA2. Facilitar la participación e involucramiento de las instituciones financieras en las Comités Técnicos Agroclimáticos para acceder a información local y personalizada sobre acciones climáticamente inteligentes implementadas por el sector agropecuario para reducir los riesgos climáticos, lo que reducirá la incertidumbre y podrá incentivar el diseño de productos financieros a la medida del sector agropecuario</p> <p>SA3. Identificar oportunidades con instituciones financieras y priorizar estudios de casos para brindar apoyo técnico para incorporar criterios de resiliencia climática y bajas emisiones de carbono a sus productos financieros agrícolas de conformidad con los criterios ambientales, sociales y de gobernanza</p>	Evidencia de al menos cuatro instituciones financieras que participan en Comités Técnicos Agroclimáticos y utilizan la información proporcionada por el proyecto para informar sus negocios contribuyendo a una amplia implementación de opciones resistentes al clima y bajas en carbono en el sector agrícola
Actividad 3.1.4.	Fomento de los ecosistemas de emprendimiento agrodigital	<p>SA1. explorar e identificar oportunidades potenciales para nuevas empresas</p> <p>SA2 apoya la creación de nuevas empresas y la transformación de negocios existentes mediante el desarrollo de nuevas tecnologías digitales</p>	Un nuevo emprendimiento identificado y creado en base a las nuevas tecnologías digitales

Resultado 3.2. Servicios de asistencia técnica y extensión agrícola modernizados con estrategias multiherramienta, diferenciadas y adaptadas a contextos ambientales, sociales, de género y productivos específicos a nivel nacional

Actividad 3.2.1	Fomentar la inclusión de herramientas bidireccionales habilitadas digitalmente para mejorar los modelos de	SA1. Planes de vinculación dirigidos por Agrosavia, para Musácea, papa y panela de caña de azúcar; modelo de innovación HUB aplicado por Cimmyt para maíz; Modelo de Gestión del Conocimiento en Ganadería Sostenible de	54.000 productores fortalecidos en la implementación de tecnologías resilientes y bajas en carbono
-----------------	--	--	--



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
	asistencia técnica para la transferencia de tecnología dentro de un enfoque de sistema de innovaciones	Fedegan; Campañas de difusión del Servicio Nacional de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros; modelo de adopción masiva de Amtec en arroz; El Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología con la red de Grupos de Transferencia de Tecnología en caña de azúcar; Metodología Escuela Rural de Asohofrucol – Musáceas	
		SA2. Intercambio de experiencias.	
		SA3. Uso de mensajería de voz y de texto, redes de <i>WhatsApp</i> y <i>chatbot</i>	
		Plataformas habilitadas digitalmente	
Actividad 3.2.2	Desarrollo de capacidades sobre el enfoque de sistemas de innovación y su inclusión en los planes actualizados de transferencia de tecnología	SA4 Gremios o aplicaciones móviles disponibles SA1. Realizar eventos de difusión del proyecto y su contenido	30 materiales de sensibilización (cuadernos, trípticos, volantes, fichas, videos, etc.) de apoyo a la formación (estandarizados en lenguaje y conceptos) para diferentes tipos de públicos con 6.000 piezas (copias)
		SA2. Entrenamientos generales por Resultado	
		SA3. Reuniones de trabajo	
		SA4. Elaboración de material escrito, en formato físico y digital	
		SA5. Desarrollo de videos con los temas del proyecto	
		SA6. Seguimiento y trabajo conjunto con los Comités Técnicos Agroclimáticos	
Actividad 3.2.3	Fortalecer las capacidades de los gremios y los agricultores sobre la adaptación y mitigación climática y fomentar los intercambios de conocimientos entre los grupos de agricultores	SA1. Realización de talleres sobre temas específicos SA2. Realizar reuniones de planificación de operaciones SA3. Dedicar sesiones de trabajo para la cocreación de procedimientos, implementación de experimentos, análisis de resultados	4.400 técnicos fortalecidos en capacidades sobre implementación de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático



Actividad	Descripción	Subactividades	Entregables
		SA4. Comunidades de práctica sobre Agricultura Digital y Análisis de Datos, Generación de pronósticos climáticos, y Comunicación y divulgación	Tres comunidades de práctica creadas y en funcionamiento.
		SA5. Realizar capacitaciones abiertas sobre temas específicos en plataformas de educación virtual	
		SA6. Fortalecimiento de programas académicos, tesis de grado y pasantías	
Actividad 3.2.4	Desarrollar una estrategia que permita la difusión, el acceso y el uso de los resultados del proyecto por parte de los principales actores públicos y privados	SA1. Reuniones de gestión con instituciones nacionales SA2. Informes ejecutivos a asociaciones de productores sobre avances y necesidades hacia la sostenibilidad de los servicios SA3. Comunicación a través de medios tradicionales y digitales, canales de redes sociales, sitio web del proyecto SA4. Desarrollo de infografías (identidad del proyecto)	60 entidades del sector agropecuario fortalecidas en acciones de adaptación y mitigación del cambio climático

Fuente: Bioversity y Centro Internacional para la Agricultura Tropical (2021).



BIBLIOGRAFÍA

- Alatorre, J. E. (2019). El costo social del carbono: una visión agregada desde América Latina.
- Banco Interamericano de Desarrollo y Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2012). Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia, 2010-2011.
- Bioersity y Centro Internacional de Agricultura Tropical. (2021). Economic and Financial Structuring of the Low Emission and Climate Resilient Agriculture Approach in Colombia Project. Final Report.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (1999). Efectos macroeconómicos del Fenómeno El Niño 1997-1998: su impacto en las economías andinas.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2014). Censo Nacional Agropecuario.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). Producto Interno Bruto - Series encadenadas de volumen con año de referencia 2015 - Datos corregidos de efectos estacionales y de calendario. Producto Interno Bruto (PIB) Históricos.
<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/A>.
- Departamento Nacional de Planeación y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Estrategia sectorial de adaptación al cambio climático.
- Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario. (2022). Portafolio de Servicios. Obtenido de <https://www.finagro.com.co/productos-y-servicios/portafolio-de-servicios>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018). Estudio Nacional del Agua.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento Nacional de Planeación y Cancillería. (2018). Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Plan de Acción Sectorial (PAS) de Mitigación de Gases Efecto Invernadero.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Plan integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario -PIGCCS.



- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2104). Plan de Acción Sectorial (PAS) de Mitigación de Gases Efecto Invernadero.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación . (2018). El futuro de la alimentación y la agricultura. Vías alternativas hacia el 2050.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2021). La Agricultura Climáticamente Inteligente. <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/es>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA): Manual de Uso y Aplicaciones. 2012.
- Piraquive, Matamoros, Céspedes, & Rodríguez. (2018). Actualización de la tasa de rendimiento del capital en Colombia bajo la metodología de Harberger. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2017). TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE COLOMBIA A LA CONVENCION MARCO.
- Ricke, K. D. (2018). Country-level social cost of carbon. Nature Climate Change.