

Determinantes Ambientales (medio natural y gestión del cambio climático) de la región de la Orinoquia en la jurisdicción de CORPORINOQUIA y de CORMACARENA

Cambio en la aptitud de la tierra para cultivos y pasturas en la Orinoquia, en el escenario futuro RCP 6.0

Biocarbono
Paisajes sostenibles bajos en carbono



INGEAG®
Ingeniería & Gestión Agroambiental para la Vida S.A.S.

Entidades Socias



Agricultura



Ambiente



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Asesora



Departamento Nacional
de Planeación - DNP

Apoyan



Agencia Presidencial de
Cooperación Internacional
de Colombia APC-COLOMBIA



NORECCO
Nodo Regional
de Cambio Climático
Orinoquia

El proyecto hace parte de la iniciativa Paisajes Forestales Sostenibles (ISF)
del Fondo Biocarbono



GRUPO BANCO MUNDIAL

CONSULTORÍA No. 072 DE 2022. Consolidación e integración de criterios de cambio climático en las Determinantes Ambientales (del medio natural y de gestión del cambio climático) en jurisdicciones de CORPORINOQUIA (departamentos de Arauca, Casanare y Vichada) y CORMACARENA (Meta), y en un modelo de Estructura Ecológica Principal departamental y municipal del Vichada, como insumos para la planificación y el ordenamiento territorial de la Orinoquia

Objetivo 1. Complementar las Determinantes Ambientales (medio natural y gestión de CC) de la región de la Orinoquia en la jurisdicción de CORPORINOQUIA (Arauca, Casanare y Vichada) y de CORMACARENA (Meta), incorporando la gestión de CC con información actualizada

Producto. Avance de la consolidación de criterios de CC en las DA. Documento técnico DA del CC: Cambio en la aptitud de la tierra para cultivos y pasturas en la Orinoquia, en el escenario futuro RCP 6.0.

Presentado a: El Proyecto Biocarbono Orinoquia, Paisajes sostenibles bajos en carbono - Donación No.TF- A6376

Por: INGENIERÍA & GESTIÓN AGROAMBIENTAL PARA LA VIDA S.A.S. (INGEAG)

Lugar: Bogotá D.C. – Colombia

Fecha: abril de 2024

Todos los derechos reservados para el Proyecto Biocarbono 2023.

El contenido de esta publicación puede ser usado, citado y divulgado siempre y cuando se realice la debida cita bibliográfica cumpliendo las respectivas normas de derechos de autor.

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de
Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo
Rural (MADR)

Jhenifer Mojica Flórez (2023)
Cecilia López Montaña (08/2022 -
04/2023)
Ministros de Agricultura y Desarrollo
Rural

Martha Viviana Carvajalino Villegas
(2023)

Darío Fajardo Montaña (11/2022-
04/2023)
Viceministros de Desarrollo Rural

Aura María Duarte Rojas (2023)
Luis Alberto Villegas Prado (09/2022-
05/2023)

Juan Gonzalo Botero (06/2020 –
09/2022)
Viceministros de Asuntos
Agropecuarios

Edison Hernán Suarez Ortiz (2023)
María del Pilar Ruiz Molina (11/2022-
03/2023)
Directores de Innovación, Desarrollo
Tecnológico y Protección Sanitaria
Tecnológico y Protección Sanitaria

Ministerio de Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Susana Muhamad
Ministro de Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Sandra Vilardy
Viceministra de Políticas y
Normalización Ambiental

Francisco Javier Canal
Viceministro de Ordenamiento
Ambiental del Territorio,
respectivamente.

Ricardo Rivera
Profesional especializado

Proyecto Biocarbono Orinoquia Paisajes Sostenibles Bajos en Carbono

Iván Darío Gómez Guzmán
Coordinador Nacional del Proyecto

Fabián Mauricio Gerena Reina
Líder componente Planeación Integrada
del Uso del Suelo y Gobernanza para el
Control a la Deforestación

Fernando Leyva Pinzón
Líder componente Uso y Manejo
Sostenible del Suelo

Johana Talina Lugo Rosero
Líder de componente Definición del
Programa de Reducción de Emisiones
(PRE) y de Monitoreo, Reporte y
Verificación MRV)

Diana Paola Osorio
Orientadora de la estrategia de
fortalecimiento NORECCO

Helbert Rolando Soler
Profesional fortalecimiento NORECCO
Corporinoquia

Javier Rodríguez Dueñas
Coordinador Regional

Lilia Patricia Arias Duarte
Gestor Sénior Seguimiento y Monitoreo

Pedro Miguel Salazar
Susana Sandoval González
Lucía Salcedo Quevedo
Mónica Monsalvo Torres
Especialistas

Gandy Alarcón Montero
Fabián Peña
Janny Trujillo Moya
Juliana Fonseca
Asesores

Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia)

Doris Bernal Cárdenas
Directora

Julie Páez
Profesional Universitaria

Corporación para el Desarrollo Sostenible del área de la Macarena (Cormacarena)

Andrés Felipe García Céspedes
Director

Sandra Jaramillo
Profesional Ordenamiento Territorial

Iván escobar
Coordinador del grupo de Cambio Climático

Equipo Técnico Ingeniería & Gestión Agroambiental para la Vida S.A.S. INGEAG

Wilson Ruiz
Representante legal

Sandra Ruiz
Asesora científica

María Angélica Fernández
Apoyo a la coordinación del Proyecto

Claudia Godoy
Profesional administrativa

Javier Otero
Asesor científico componente biofísico

Luz P. Hernández
Líder Cobertura CLC

Andrea M. Wanumen
Profesionales de apoyo Cobertura CLC

Nathalia Zambrano Moreno
Profesionales de apoyo Cobertura CLC

Wveimar Samacá
Líder Geomorfología y suelos

Jhoann E. Orjuela
Profesional geomorfología y suelos

Ana Isabel Sevillano
Profesional geomorfología - edafología

Juan Camilo Peña
Especialista climatología e hidrografía

Gabriel Páramo
Asesor componente ecosistémico

Daniel Gama Beltrán
Especialista en SIG

Jennifer Dorado
Especialista en Cambio Climático

Andrea Rodríguez
Profesional en Cambio Climático

Silvia Montenegro
Asesora en CC y Biodiversidad

Alejandro Salamanca
Especialista en análisis espacial, asesor en CC – aptitud cultivos

Juan Diego Rodríguez
Asesor GEI sector AFOLU

Juan David Palencia
Profesional en Análisis Espacial

Guillermo Quintana
Experto en Ordenamiento Ambiental

Alejandra Ruiz Medina
María Daniela Gómez

Profesionales en Determinantes Ambientales MN y CC

Yonathan Rozo González
Especialista gestión y política pública

Contenido

Glosario	14
Resumen	16
1 Introducción	17
2 La agricultura y la ganadería en la Orinoquia.....	19
2.1 Los cultivos agrícolas	19
2.2 La ganadería bovina y las pasturas	22
3 La aptitud de las tierras de la Orinoquia.....	25
3.1 Zonas aptas para el cultivo de arroz seco mecanizado	27
3.2 Zonas aptas para el cultivo de palma de aceite	29
3.3 Zonas aptas para el cultivo de plátano hartón	31
3.4 Zonas aptas para el cultivo de soya	33
3.5 Zonas aptas para el cultivo de maíz tecnificado	36
3.6 Zonas aptas para el cultivo de cacao	39
3.7 Zonas aptas para el cultivo de yuca	41
3.8 Zonas aptas para el cultivo de marañón.....	44
3.9 Zonas aptas para el cultivo de café	46
3.10 Zonas aptas para el cultivo de piña híbrido MD-2.....	48
3.11 Zonas aptas para el cultivo de caucho.....	51
3.12 Zonas aptas para plantaciones forestales con fines comerciales.....	53
3.13 Zonas aptas para la producción de carne bovina en pastoreo	55
4 Cambio de aptitud de la tierra para cultivos y forrajes en la Orinoquia.....	58
4.1 Cambio de zonas aptas para el cultivo de arroz seco mecanizado.....	60
4.2 Cambio de zonas aptas para el cultivo de palma de aceite	62
4.3 Cambio de zonas aptas para el cultivo de plátano hartón.....	64
4.4 Cambio de zonas aptas para el cultivo de soya.....	66
4.5 Cambio de zonas aptas para el cultivo de maíz tecnificado.....	68
4.6 Cambio de zonas aptas para el cultivo de cacao.....	70
4.7 Cambio de zonas aptas para el cultivo de yuca.....	72

4.8	Cambio de zonas aptas para el cultivo de marañón	74
4.9	Cambio de zonas aptas para el cultivo de café.....	76
4.10	Cambio de zonas aptas para el cultivo de piña híbrido MD-2	78
4.11	Cambio de zonas aptas para el cultivo de caucho	80
4.12	Cambio de zonas aptas para plantaciones forestales comerciales	82
4.13	Cambio de zonas aptas para carne bovina de pastoreo	84
5	Medidas de adaptación frente al cambio de aptitud de las tierras	86
5.1	Medidas de adaptación en la agricultura de la Orinoquia	91
5.2	Medidas de adaptación en la ganadería de la Orinoquia	92
6	Bibliografía.....	95

Lista de Figuras

Figura 1 Localización de la Orinoquia colombiana.....	17
Figura 2 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de arroz seco mecanizado.....	28
Figura 3 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de arroz seco mecanizado.....	29
Figura 4 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de palma de aceite.....	30
Figura 5 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de palma de aceite.....	31
Figura 6 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de plátano hartón.....	32
Figura 7 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de plátano hartón.....	33
Figura 8 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de soya.....	35
Figura 9 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de soya.....	36
Figura 10 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de maíz tecnificado.....	38
Figura 11 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de maíz tecnificado.....	39
Figura 12 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de cacao.....	40
Figura 13 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de cacao.....	41
Figura 14 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de yuca.....	43
Figura 15 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de yuca.....	43
Figura 16 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de marañón.....	45
Figura 17 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de marañón.....	45
Figura 18 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de café.....	47
Figura 19 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de café.....	48
Figura 20 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de piña.....	50
Figura 21 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de piña.....	50
Figura 22 Zonas aptas por temperatura para el cultivo de caucho.....	52
Figura 23 Zonas aptas por precipitación para el cultivo de caucho.....	52
Figura 24 Zonas aptas por temperatura para plantaciones forestales.....	54
Figura 25 Zonas aptas por precipitación para plantaciones forestales.....	55
Figura 26 Zonas aptas por temperatura para carne bovina en pastoreo.....	56
Figura 27 Zonas aptas por precipitación para carne bovina en pastoreo.....	57
Figura 28 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de arroz seco mecanizado.....	61
Figura 29 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de palma de aceite.....	63
Figura 30 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de plátano hartón.....	65
Figura 31 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de soya.....	67
Figura 32 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de maíz tecnificado.....	69
Figura 33 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de cacao.....	71
Figura 34 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de yuca.....	73
Figura 35 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de marañón.....	75
Figura 36 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de café.....	77
Figura 37 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de piña híbrido MD-2.....	79
Figura 38 Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de caucho.....	81

Figura 39 Zonas del cambio de aptitud para plantaciones forestales comerciales. 83
Figura 40 Zonas del cambio de aptitud para carne bovina de pastoreo. 85



Lista de Tablas

Tabla 1. Grupos de principales cultivos sembrados en la Orinoquia.	20
Tabla 2. Cultivos más sembrados en La Orinoquia entre 2019 – 2022.	20
Tabla 3. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Arauca.	21
Tabla 4. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Casanare.	21
Tabla 5. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Meta.	22
Tabla 6. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Vichada.	22
Tabla 7. Cantidad de cabezas de ganado bovino. Primer ciclo de vacunación en 2021... 24	24
Tabla 8. Cantidad de cabezas de ganado bovino. segundo ciclo de vacunación en 2021.	24
Tabla 9. Clases de aptitud de la tierra y otras categorías para la zonificación.	26
Tabla 10. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de arroz seco mecanizado.	27
Tabla 11. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de palma de aceite.	30
Tabla 12. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de plátano hartón.	32
Tabla 13. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de soya.	34
Tabla 14. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de maíz tecnificado.	37
Tabla 15. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de cacao.	39
Tabla 16. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de yuca.	42
Tabla 17. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de marañón.	44
Tabla 18. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de café.	46
Tabla 19. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de piña.	49
Tabla 20. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de caucho.	51
Tabla 21. Rangos de aptitud de temperatura y precipitación para plantaciones forestales comerciales.	53
Tabla 22. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para la producción de carne bovina en pastoreo.	56
Tabla 23. Leyenda del cambio de zonas aptas en el escenario futuro RCP 6.0.	58
Tabla 24. Leyenda del cambio de zonas aptas en el escenario futuro RCP 6.0.	59

Tabla 25. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de arroz seco mecanizado.....	60
Tabla 26. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de palma de aceite.	62
Tabla 27. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de plátano hartón.....	64
Tabla 28. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de soya.....	66
Tabla 29. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de maíz tecnificado.....	68
Tabla 30. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de cacao.....	70
Tabla 31. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de yuca.....	72
Tabla 32. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de marañón.	74
Tabla 33. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de café.....	76
Tabla 34. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de piña híbrido MD-2.	78
Tabla 35. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de caucho.....	80
Tabla 36. Cifras del cambio de aptitud para plantaciones forestales comerciales.	82
Tabla 37. Cifras del cambio de aptitud para carne bovina de pastoreo.	84
Tabla 38. Medidas nacionales para la adaptación y riesgo climático en sector AFOLU. ...	87
Tabla 39. Medidas nacionales para la adaptación y riesgo climático en sector agropecuario.	89
Tabla 40. Medidas regionales PRICCO en la línea estrategia agricultura.	91
Tabla 41. Medidas regionales PIGCCT Meta en relación con la agricultura.....	92
Tabla 42. Medidas regionales PRICCO en la línea estrategia agricultura.	93
Tabla 43. Medidas regionales PIGCCT Meta en relación con la agricultura.....	93

Anexos

Los datos y capas de cartografía digital, en modelos de representación ráster (formato .tif), vector (Geodatabase) o tablas (Excel), para todos los mapas y análisis geográficos presentados en este documento técnico, se encuentra en el anexo denominado PRODUCTOS_CARTOGRÁFICOS.

Lista de Siglas

AFOLU: Sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra.

CC: Cambio Climático

DA: Determinante Ambiente.

DANE: El Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

ENA: Encuesta Nacional Agropecuaria.

EVA: Evaluaciones Agropecuarias Municipales.

Minagricultura: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Minambiente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

PIGCCT: Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales.

PRICCO: Plan Integral de Cambio Climático para la Orinoquia.

UPRA: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria.

Glosario

Aptitud de la tierra: Potencial de establecimiento de un tipo de utilización de la tierra resultado del análisis de combinaciones de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos enmarcados en una frontera agrícola (UPRA, 2019).

Álgebra de mapas: Incluye un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas ráster con el propósito de producir una nueva capa de salida. El uso de operadores lógicos y/o condicionales permite elaborar operadores complejos para implementar procesos de análisis de datos en estructuras de tipo ráster (Universidad de Murcia, 2021).

Condiciones climáticas: Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático (definidas como variables) que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, lo cual afecta directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976; UPRA, 2013).

Escenario de cambio climático: representación plausible y en ocasiones simplificada del clima futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherente definido explícitamente para investigar las posibles consecuencias del cambio climático antropogénico, y que puede introducirse como datos entrantes en los modelos de impacto. Las proyecciones climáticas suelen utilizarse como punto de partida para definir escenarios climáticos generados a partir de la diferencia entre un escenario climático y el clima actual (IPCC, 2013).

Escenario futuro RCP 6.0: es un escenario de cambio climático con ruta de estabilización después del año 2100, sin sobrepasar 6 W/m² (IPCC, 2019).

Forrajes: hierbas, pastos verdes o secos y, por extensión, diversas plantas u órganos vegetales empleados para alimentar los animales domésticos, especialmente, el ganado (Senasa, 2015).

Frontera agrícola: Se define como el límite del suelo rural que separa las áreas donde se desarrollan las actividades agropecuarias, las condicionadas y las áreas protegidas, las de especial importancia ecológica y las demás áreas en las que las actividades agropecuarias están excluidas por mandato de la ley (UPRA, 2018).

Precipitación: es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado (IDEAM, 2019).

PIGCCT: los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales son 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 gases, efecto invernadero, para ser implementados en el territorio para el cual han sido formulados (Ley 1931 de 2018).

Temperatura: es la condición que determina la dirección del flujo neto de calor entre dos cuerpos y también, es una magnitud física que se refiere a la sensación de frío o caliente, tal como se refleja en la atmósfera (OMM, 1996. Consultado en UPRA, 2014).

Zonificación: proceso que identifica y delimita las zonas con potencial para el establecimiento y desarrollo de una actividad agropecuaria determinada bajo un marco legal, normativo y técnico que la define y diferencia de otros usos posibles. Es una herramienta técnica para el desarrollo de iniciativas de inversión que permite orientar la formulación de políticas y la destinación de recursos públicos y privados del sector (UPRA, 2018).

Resumen

En este documento técnico, se presenta el análisis geográfico de los efectos del cambio climático en la agricultura y la ganadería en la región Orinoquia. El objetivo es analizar el cambio en las zonas de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, frente al escenario futuro RCP 6.0 generado en el marco de esta consultoría.

Se realiza un procesamiento cartográfico para construir espacialmente las zonas aptas de los cultivos y pasturas más relevantes en la región, basado en las condiciones climáticas actuales observadas y las del escenario futuro RCP 6.0. Los resultados señalan las zonas con mayor, menor o no aptitud para cada cultivo y pastura analizada. Luego, se comparan las zonas actuales con las del escenario mediante superposición cartográfica por álgebra de mapas, definiendo el cambio mediante una matriz de decisión, para mostrar las diferencias por ganancia o pérdida en zonas de aptitud.

En conclusión, se observa que en el escenario futuro de cambio climático hay cambios drásticos en zonas aptas de algunos cultivos relevantes. Algunos de estos cambios señalan tendencia a la pérdida de condiciones climáticas por precipitación y temperatura, y otros muestran tendencia a la ganancia por las mismas variables, con variaciones espaciales en las zonas de aptitud.

1 Introducción

La Orinoquia colombiana es un amplio territorio al oriente del país, que para su delimitación la comprenden los departamentos de Arauca, Vichada, Casanare y Meta. Al occidente, limita con la cordillera oriental, al sur con la Amazonia, al norte y oriente con Venezuela. Su relieve, salvo los paisajes montañosos y de piedemonte al límite con la cordillera oriental, es predominantemente plano, con extensas planicies y valles, formando llanuras y sabanas inundables características que guardan gran diversidad ecosistémica y un inmenso potencial para actividades humanas, como la agricultura y la ganadería. (Figura 1)

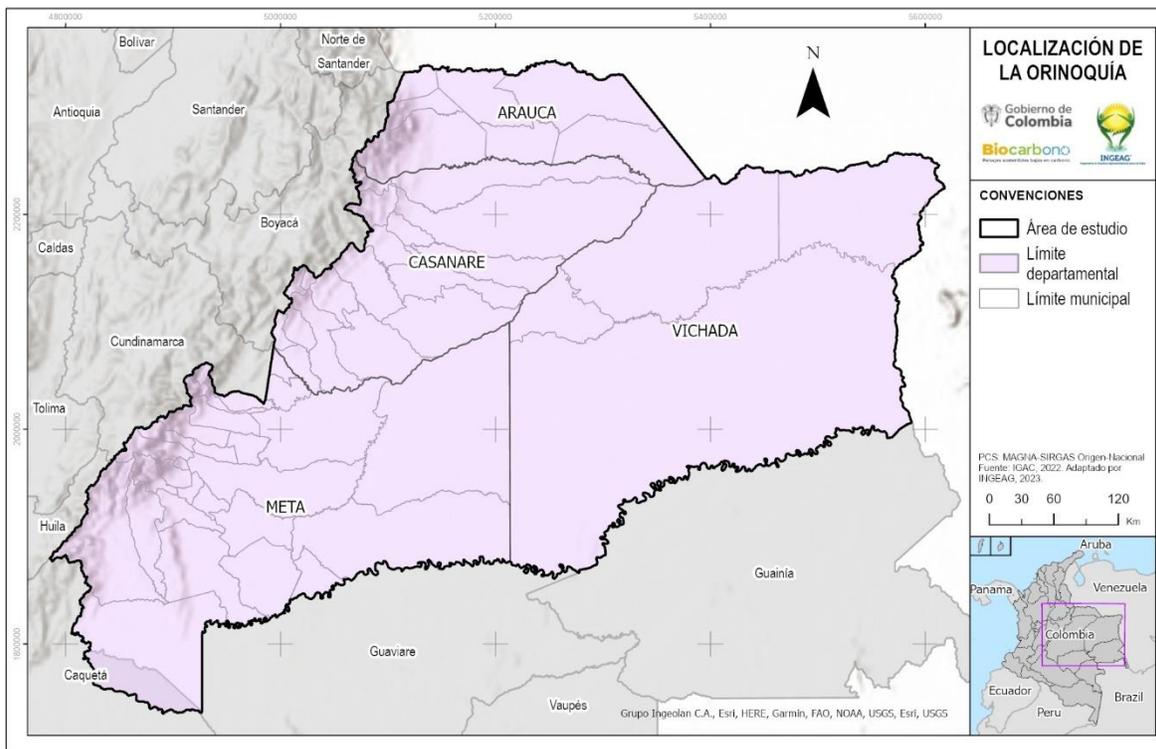


Figura 1. Localización de la Orinoquia colombiana.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado por INGEAG, 2023.

El clima de la Orinoquia es diverso hacia el piedemonte, pero predominante homogéneo en la planicie, donde se suelen observar zonas climáticas cálidas húmedas o semihúmedas. Estas condiciones ambientales propician un escenario estable para el desarrollo progresivo y sostenible de la agricultura y la ganadería,

en coexistencia con ecosistemas estratégicos como los humedales y otros únicos de la región. Los efectos del cambio climático provocan variaciones en el comportamiento de las variables climáticas al mediano y largo plazo, lo que debe considerarse en la planeación territorial de la Orinoquia.

En este documento, se presenta un análisis geográfico de la zonificación del cambio en la aptitud de la tierra para la agricultura y la ganadería, en el marco de un escenario futuro de cambio climático. Según las posibles variaciones de la temperatura y la precipitación al año 2040, en el escenario de cambio climático RCP 6.0, se proyectan cambios espaciales en los rangos funcionales de aptitud de los cultivos y las pasturas más importantes en la Orinoquia, identificando los territorios con mayores efectos.

Como resultado, la identificación del cambio de aptitud de la constituye una herramienta de gestión de especial importancia para el territorio, pues orienta la toma de decisiones en el sector agropecuario, considerando dicho cambio como una oportunidad potencial para adaptarse frente al escenario futuro de cambio climático. Las capas de información geográfica editables de las zonas aptas (vector y ráster) y las respectivas figuras cartográficas, se encuentran disponibles en el anexo de productos cartográficos para este estudio (ver descripción en anexos).

Este estudio es un producto que hace parte del Objetivo 1 de la consultoría *“Consolidación e integración de criterios de cambio climático en las Determinantes Ambientales (del medio natural y de gestión del cambio climático) en jurisdicciones de CORPORINOQUIA (departamentos de Arauca, Casanare y Vichada) y CORMACARENA (Meta), y en un modelo de Estructura Ecológica Principal departamental y municipal del Vichada, como insumos para la planificación y el ordenamiento territorial de la Orinoquia”*, en el marco del proyecto Biocarbono Paisajes sostenibles bajos en carbono - Donación No.TF- A6376.

2 La agricultura y la ganadería en la Orinoquia

El crecimiento e importancia del sector AFOLU en la Orinoquia, en particular en relación con la agricultura y la ganadería, viene generando altas expectativas a nivel nacional. Por una parte, la agricultura ha crecido positivamente en los años recientes en la región, siendo está considerada desde el gobierno nacional como la despensa agrícola del país (PRICCO, 2017). Aunque los cambios climáticos pueden afectar mucho al desarrollo de los cultivos, estos aspectos los han estudiado entes gubernamentales y privados, por lo que existen herramientas y medidas para adaptarse y resilientes a las actividades agrícolas.

Por otra parte, la ganadería es popular e histórica en la región, alcanzando a ocupar cerca del 50% del territorio productivo en la Orinoquia (PRICCO, 2017). Según el PRICCO (2017), la actividad ganadera es una de las principales fuentes económicas de la región, caracterizada por la cultura propia de los llanos orientales colombianos. El boletín del segundo del ciclo de vacunación del DANE (2021) señala que los departamentos de Meta y Casanare figuran entre los cinco primeros del país con mayor cantidad de cabezas de ganado bovino. El cambio climático puede afectar de varias formas a las actividades ganaderas, desde su influencia en el bienestar de los animales hasta los efectos sobre el desarrollo de los forrajes.

En los próximos numerales se ampliará sobre la agricultura y la ganadería bovina en la Orinoquia, tomando como referencia algunas cifras reportadas por entidades oficiales como la UPRA, a partir de las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA), o del DANE, según los reportes para la caracterización de la actividad ganadera.

2.1 Los cultivos agrícolas

El reporte de las EVA (UPRA, 2022) para el periodo comprendido entre 2019 y 2022, indica que la Orinoquia ha evidenciado señales de crecimiento en cuanto actividades agrícolas se refiere. Las EVA producen información de la actividad

agropecuaria a partir de la conciliación de registros administrativos de las entidades sectoriales y los gremios, con base en el conocimiento de los funcionarios locales y profesionales del sector (UPRA, 2021). (Tabla 1)

Tabla 1. Grupos de principales cultivos sembrados en la Orinoquia.

GRUPO DE CULTIVOS	ÁREA SEMBRADA (HA)
Cereales	1,565,420.1
Oleaginosas	1,396,132.7
Frutales	411,899.5
Cultivos Tropicales Tradicionales	243,948.2
Raíces y Tubérculos	66,738.8

Nota. Extraído de la *Base Agrícola de las EVA 2019 – 2022* (UPRA).

Como se observa en la Tabla 1, en los departamentos de la Orinoquia se han venido sembrando cerca de 1.5 millones de hectáreas de cereales; entre ellos destacan el arroz seco y el maíz tecnificado, posicionando a la región como una de las principales productoras y con mejor perspectiva para estos cereales. También, las oleaginosas tienen presencia importante dentro de los cultivos con mayor área sembrada; principalmente destacan la palma de aceite y la soya. En menor medida, aunque siguen siendo áreas importantes, se siembran cerca de 0.6 millones de hectáreas entre frutales y otros cultivos tropicales.

Tabla 2. Cultivos más sembrados en La Orinoquia entre 2019 – 2022.

Cultivos	Área sembrada (ha)
Arroz	1,137,526.2
Palma de aceite	1,122,022.4
Maíz	427,893.9
Plátano	282,764.5
Soya	272,982.3
Cacao	130,699.7

Nota. Extraído de la *Base Agrícola de las EVA 2019 – 2022* (UPRA).

Entre los cultivos más sembrados en La Orinoquia, según la Tabla 2, se observa el arroz seco (y de riego, en menor proporción), la palma de aceite, el maíz

tecnificado (amarillo y blanco), plátano hartón de consumo interno, soya y cacao. Otros cultivos importantes en la región, que vienen ganado terreno sembrado en los años recientes, son la caña de azúcar, el marañón, la yuca y el café.

Tabla 3. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Arauca.

Cultivos	Área sembrada (ha)
Plátano	153,416
Cacao	78,308
Arroz	73,077
Maíz	48,010
Yuca	23,846

Nota. Extraído de la *Base Agrícola de las EVA 2019 – 2022 (UPRA)*.

En el departamento de Arauca (Tabla 3) se observa que los cultivos de plátano, cacao y arroz han tenido un crecimiento importante. Por su parte, en el departamento de Casanare se evidencia que el arroz seco y la palma de aceite, para el periodo de referencia, dominan en cuanto al área sembrada por cultivo, como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Casanare.

Cultivos	Área sembrada (ha)
Arroz	732,661
Palma de aceite	309,125
Maíz	20,203
Plátano	14,128
Café	11,338

Nota. Extraído de la *Base Agrícola de las EVA 2019 – 2022 (UPRA)*.

Según la **Tabla 5**, en el departamento del meta los cultivos más sembrados en el periodo de referencia son la palma de aceite, el maíz tecnificado (blanco y amarillo) y el arroz seco. La soya, el plátano hartón y la caña de azúcar también aparecen entre los más sembrados. Otros cultivos, como el cacao, la yuca, la patilla y la piña, han tenido un crecimiento considerable en el departamento.

Tabla 5. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Meta.

Cultivos	Área sembrada (ha)
Palma de aceite	776,377
Maíz	357,718
Arroz	330,442
Soya	271,560
Plátano	105,662

Nota. Extraído de la *Base Agrícola de las EVA 2019 – 2022 (UPRA)*.

El departamento de Vichada es el que menos área sembrada reporta de la Orinoquia. Sin embargo, los cultivos de palma de aceite, marañón y plátano han tenido un crecimiento importante durante el periodo de referencia. Otros cultivos como el cacao, la yuca, el maíz y el arroz también son sembrados en el departamento. (Tabla 6)

Tabla 6. Cultivos más sembrados entre 2019 – 2022 en Vichada.

Cultivos	Área sembrada (ha)
Palma de aceite	36,520
Marañón	28,371
Plátano	9,558
Cacao	3,291
Yuca	2,980

Nota. Extraído de la *Base Agrícola de las EVA 2019 – 2022 (UPRA)*.

2.2 La ganadería bovina y las pasturas

Tal y como lo señala la UPRA (2020) en el estudio “Producción de carne bovina en pastoreo. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000”, para hacer referencia a la productividad ganadera se hace necesario revisar la calidad de las pasturas, los animales que de ellas se alimentan y el tipo de actividad ganadera en

que se especializa la región. En el capítulo 3 de este documento se hace mayor referencia a la aptitud de las tierras para pasturas en la Orinoquia.

La Orinoquia es privilegiada por tener grandes extensiones y condiciones climáticas idóneas para el crecimiento de pasturas naturales y sembradas, con muchas variedades de gramíneas de la familia de las brachiarias entre las más destacadas. Según el estudio “Alternativas forrajeras para los llanos orientales de Colombia, CORPOICA (2010)”, con el paso de los años, el modelo de producción de las pasturas a pasado de las extensivas sabanas naturales a las praderas de gramíneas mejoradas. En ese sentido, las gramíneas de pastoreo son consideradas como plantas forrajeras, ya sean naturales o sembradas, por ser excelente alimento para el ganado (Corpoica, 2010). Otros forrajes con producción importante en la región Orinoquia son algunas leguminosas como la soya, que junto con las gramíneas hacen parte fundamental de la dieta del ganado.

La orientación productiva de la ganadería en Colombia está dirigida hacia el doble propósito y la cría de ganado, principalmente (UPRA, 2020). Según cifras del Consejo Nacional de la Cadena Cárnica Bovina (2018), los departamentos de Arauca y Casanare están ligados particularmente a la ganadería de crianza, mientras que en Meta se combina la producción de ganado para la cría y el doble propósito. El departamento de Vichada también orienta su producción a la crianza de ganado, aunque sus indicadores actualmente son menores en comparación con los demás departamentos.

En las Tabla 7 y Tabla 8, se observa la cantidad de cabezas de ganado por departamento, para el año 2021, según las cifras de los ciclos de vacunación que son presentadas en la caracterización ganadera del DANE. Tanto en el primer ciclo de vacunación (tabla 7) como en el segundo (tabla 8), se presenta homogeneidad en las cantidades, siendo los departamentos de Meta y Casanare los grandes productores de la región (ambos están entre los cinco primeros a nivel nacional), seguidos por Arauca, que viene creciendo y llamando la atención por su alto potencial productivo para la ganadería. En Vichada, se evidencia una productividad más baja que en los demás departamentos de la Orinoquia, en cuanto al número de cabezas de ganado se refiere.

Tabla 7. Cantidad de cabezas de ganado bovino. Primer ciclo de vacunación en 2021.

Departamento	Cantidad de cabezas bovinas
Meta	2,289,057
Casanare	2,190,656
Arauca	1,025,861
Vichada	193,659
Total general	5,699,233

Nota. Extraído de la *caracterización ganadera del DANE a partir del aprovechamiento estadístico de registros administrativos, 2021.*

Tabla 8. Cantidad de cabezas de ganado bovino. segundo ciclo de vacunación en 2021.

Departamento	Cantidad de cabezas bovinas
Meta	2,280,290
Casanare	2,192,755
Arauca	1,013,634
Vichada	252,906
Total general	5,739,585

Nota. Extraído de la *caracterización ganadera del DANE a partir del aprovechamiento estadístico de registros administrativos, 2021.*

3 La aptitud de las tierras de la Orinoquía

Los estudios de UPRA sobre la identificación y zonificación de la aptitud de la tierra para los cultivos y pasturas, son publicaciones con alto rigor técnico que sirven como referencia para análisis más detallados en el sector AFOLU y para el ordenamiento territorial. Para el caso particular del análisis geográfico presentado en este documento, las publicaciones de la UPRA constituyen la base conceptual y técnica para el planteamiento metodológico y la lectura de los resultados.

El potencial de utilización de la tierra, como lo dicta la definición de aptitud de la tierra (UPRA, 2019), se da a partir de la combinación de varios criterios, en el marco de la frontera agrícola. En el presente estudio, se busca analizar geográficamente el cambio de aptitud de las tierras para cultivos y pasturas en la Orinoquia, frente a un escenario futuro de cambio climático; por tanto, la aptitud de las tierras se identifica y describe exclusivamente desde las condiciones climáticas, para temperatura y precipitación, lo cual aborda solo una parte de los criterios físicos mencionados en el concepto de aptitud de la tierra.

Estudios científicos, documentación de la UPRA y otros reportes de entidades oficiales y académicas han recopilado información sobre la aptitud de las tierras para cultivos. Los cultivos necesitan condiciones ambientales óptimas de precipitación y temperatura para alcanzar un buen desarrollo de forma natural. Aunque las tecnologías y técnicas agropecuarias facilitan la adaptabilidad de los cultivos, incluso en condiciones climáticas adversas o extremas, esto se traduce en sobrecostos de producción y alteraciones que pueden no ser soportadas por las cadenas productivas a largo plazo

En este estudio, se construyen las zonificaciones de aptitud climática para los cultivos más representativos en la Orinoquia. Para ello, se consideran los rangos de precipitación y temperatura ideales para el desarrollo de cada cultivo, según fuentes oficiales y/o académicas. Estas zonificaciones se basan en las variables climáticas

de precipitación y temperatura modeladas y ajustadas para la región de la Orinoquia¹, tanto para el clima observado como para el escenario futuro RCP 6.0.

Con respecto a las zonificaciones de aptitud, para este estudio se clasifican en las mismas clases que presenta la UPRA en sus publicaciones sobre el tema. Estas clases son: A1 aptitud alta, A2 aptitud media, A3 aptitud baja, y N1 no apto. En la Tabla 9 se presentan las definiciones para las clases de aptitud, con base en lo definido en las publicaciones de la UPRA. Las zonas de aptitud se presentan para la frontera agrícola nacional, y aquellas zonas por fuera de la frontera agrícola son denominadas como “de exclusión legal, bosques naturales y áreas no agropecuarias” (UPRA, 2023). (Tabla 9)

Tabla 9. Clases de aptitud de la tierra y otras categorías para la zonificación.

Clase	Definición de la zona
Alta (A1)	Las mejores condiciones desde el punto de vista de las condiciones climáticas por precipitación y temperatura.
Media (A2)	Limitaciones moderadas por condiciones climáticas por precipitación y temperatura.
Baja (A3)	Fuertes limitaciones por condiciones climáticas de precipitación y temperatura., las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones o el desarrollo de nuevas tecnologías.
No apto (N1)	Restricciones por condiciones climáticas de precipitación y temperatura. que imposibilitan el desarrollo de la actividad.
Exclusión legal	Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario.
Bosques naturales y áreas no agropecuarias	Otras categorías por fuera de la frontera agrícola nacional ² .

Nota. Tomado de publicaciones de zonas aptas para cultivos, UPRA (2016).

¹ Para más información sobre el escenario futuro de cambio climático y las capas de información geográfica, consultar el producto 4 y productos cartográficos de la consultoría “*Consolidación e integración de criterios de cambio climático en las Determinantes Ambientales (del medio natural y de gestión del cambio climático) en jurisdicciones de CORPORINOQUIA (departamentos de Arauca, Casanare y Vichada) y CORMACARENA (Meta), y en un modelo de Estructura Ecológica Principal departamental y municipal del Vichada, como insumos para la planificación y el ordenamiento territorial de la Orinoquia*”.

² Ver metodología para la Identificación General de la Frontera Agrícola en Colombia, UPRA (2017).

En los siguientes numerales, se presenta las zonas de la aptitud de la tierra por condiciones climáticas de precipitación y temperatura para los cultivos (en adelante zonas aptas) más representativos en los años recientes y la producción de carne bovina por pastoreo en la Orinoquia.

3.1 Zonas aptas para el cultivo de arroz seco mecanizado

El cultivo de arroz es uno de los más importantes del mundo, siendo el cereal más consumido después del trigo (UPRA, 2016). En Colombia, existen condiciones climáticas ideales para el cultivo de arroz, tanto para sistemas de producción de riego como seco. En la Orinoquia crece la siembra de arroz seco, considerando la disponibilidad de aguas lluvias y el régimen monomodal de precipitaciones en la mayoría del territorio.

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2019), ICA (1992) y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de arroz seco mecanizado considerando los rangos de la tabla 10. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura mínima media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación en el semestre agrícola, de abril a septiembre, promedio multianual.

Tabla 10. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de arroz seco mecanizado.

Clase	Rangos temperatura mínima media anual en °C	Rangos precipitación en mm/semestre agrícola
Alta (A1)	18 -22	1200 - 1800
Media (A2)	22 - 24	900 - 1200; 1800 - 2200
Baja (A3)	16 - 18	500 - 900; >2200
No apto (N1)	<16; >24	<500

Nota. Adaptado de UPRA (2019) e ICA (1992).

Por medio de un geoprocesamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en las Figura 2 y Figura 3.

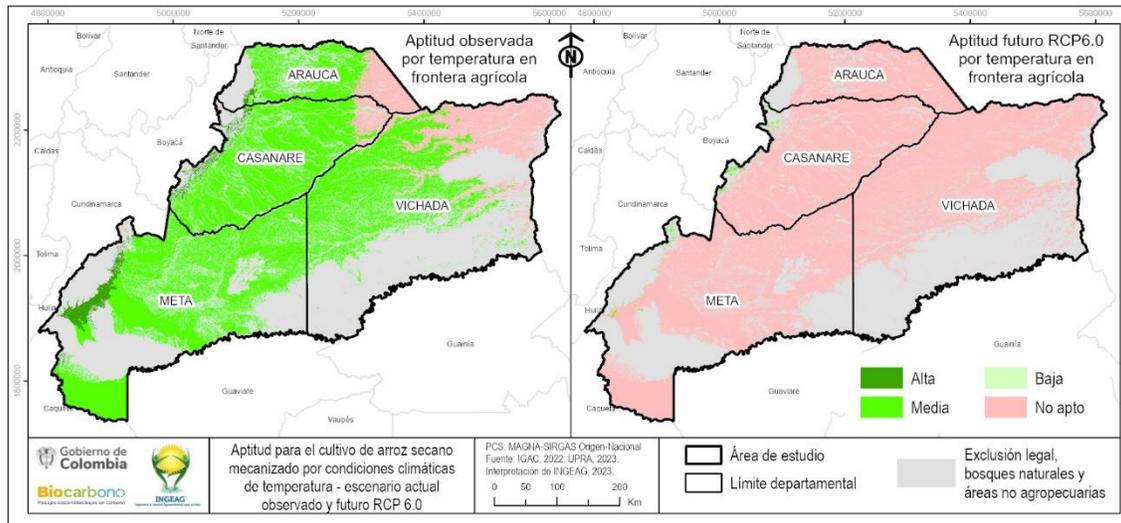


Figura 2. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de arroz seco mecanizado.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 2 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase media, salvo al oriente de Arauca y nororiente de Vichada. En el escenario futuro RCP 6.0, la temperatura mínima media aumenta, por lo cual se observa que la región en general tiende a ser No apta.

En la Figura 3 se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en Arauca y Casanare, y media en Vichada y Meta. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con algunos cambios evidentes en Meta y Casanare.

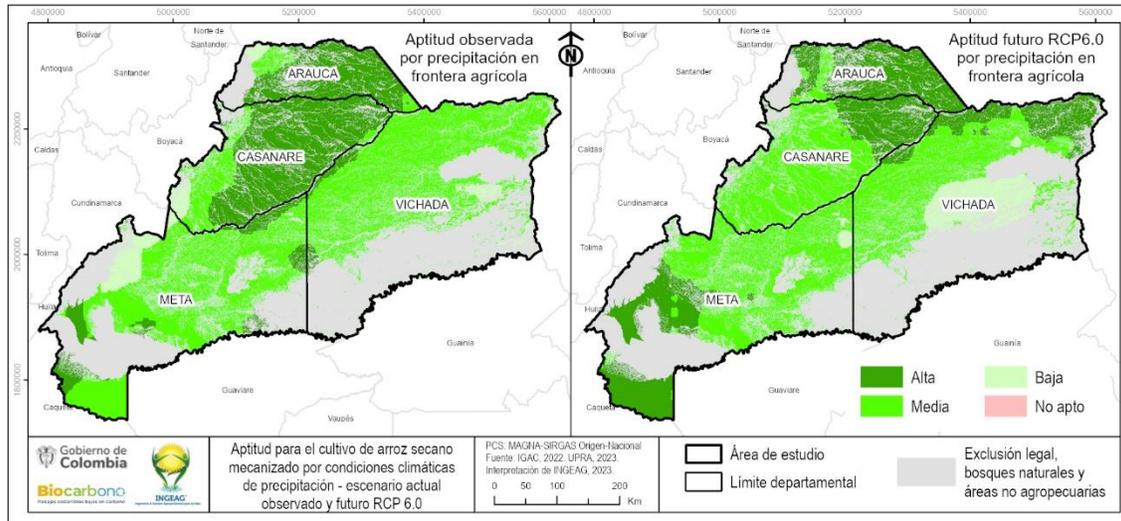


Figura 3. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de arroz seco mecanizado.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

3.2 Zonas aptas para el cultivo de palma de aceite

El cultivo de palma de aceite es de tipo perenne, de tardío y largo crecimiento, siendo su vida productiva de alrededor de 50 años o más. Esta longevidad del cultivo representa una alternativa de producción favorable y convierte a la palma de aceite en la oleaginosa más productiva del planeta (UPRA, 2016). Según Fedepalma (2016), Colombia es el cuarto productor de palma de aceite en el mundo, y primero en América.

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2016), y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de palma de aceite considerando los rangos de la tabla 11. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 11. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de palma de aceite.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	>26	2000 – 3000
Media (A2)	22 – 26	1000 – 2000; 3000 – 4000
Baja (A3)	-	< 1000; > 4000 – 7000
No apto (N1)	<22	> 7000

Nota. Adaptado de UPRA (2016).

Por medio de un geoprocésamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en las Figura 4 y Figura 5.

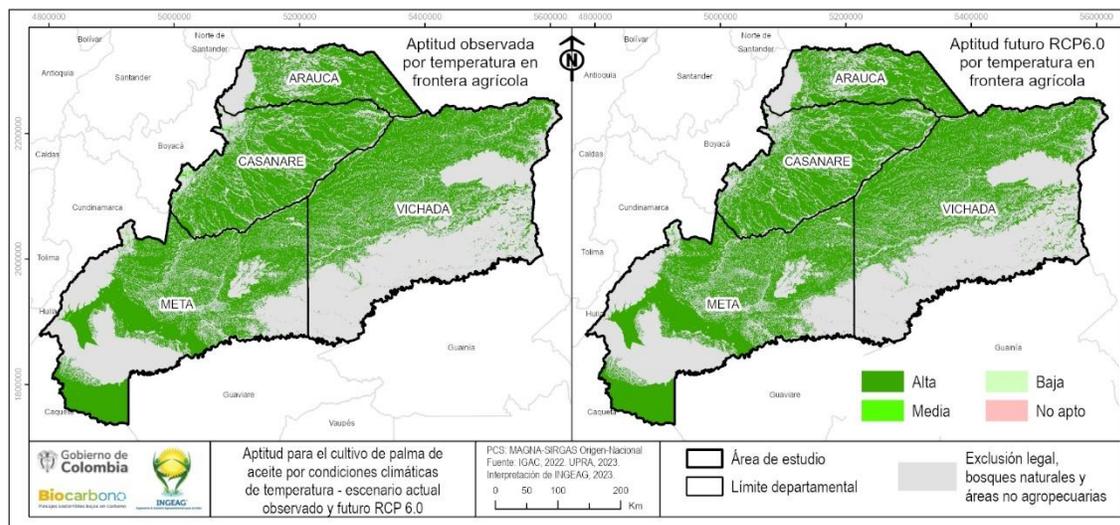


Figura 4. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de palma de aceite.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 4 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase alta, en los cuatro departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en aptitud de clase alta.

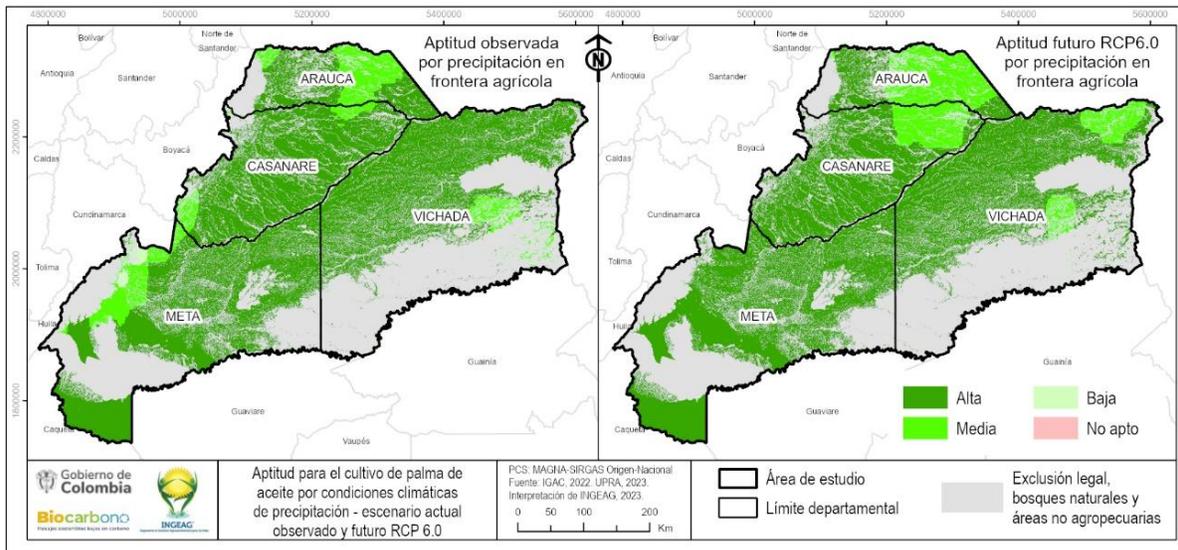


Figura 5. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de palma de aceite.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 5, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta y media en los cuatro departamentos. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con algunos cambios evidentes en Meta y Vichada.

3.3 Zonas aptas para el cultivo de plátano hartón

El cultivo de plátano es uno de los más importantes del mundo, siendo considerado un producto básico y de exportación, lo cual lo convierte en un motor de desarrollo económico para las regiones, siendo tradicionalmente una actividad tradicional de la producción campesina. Este producto agrícola ingresa con fuerza al comercio internacional desde Latinoamérica y Colombia, lo que indica un desarrollo interesante del cultivo y sus variedades en el país (Corpoica, 2006). En la Orinoquia, la siembra de la variedad de plátano hartón ha tenido un auge importante en los años recientes.

Teniendo en cuenta las consideraciones de Corpoica (2006), Corpoica (2005), Corpoica (1999) y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de plátano hartón considerando los rangos de la Tabla 12. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 12. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de plátano hartón.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	>24	1800 - 2500
Media (A2)	22 - 24	1000 - 1800; 2500-3000
Baja (A3)	18 - 22	3000 - 4000; 500 - 1000
No apto (N1)	<18	<500; >4000

Nota. Adaptado de *Corpoica* (2006).

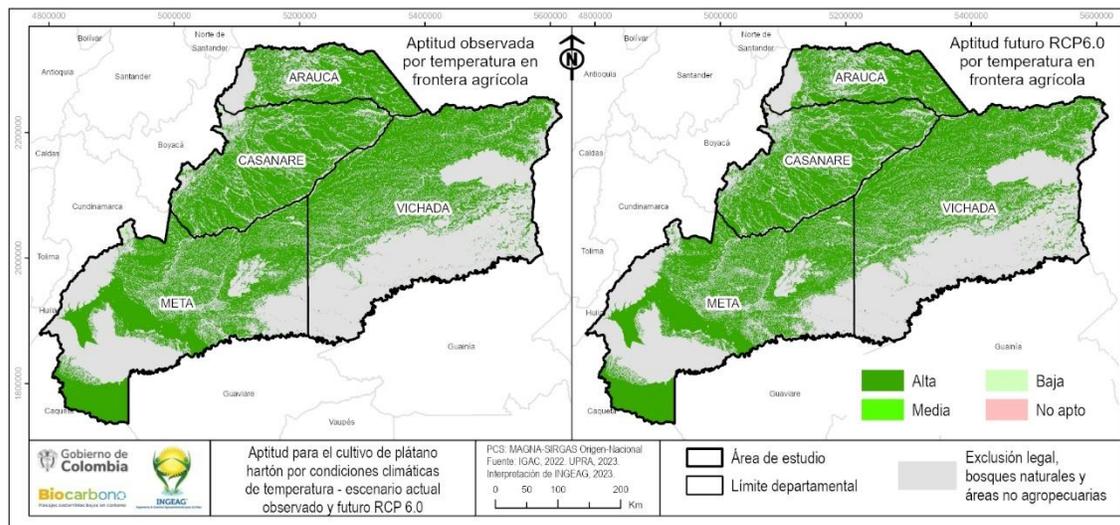


Figura 6. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de plátano hartón.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

Por medio de un geoprocesamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 6 y Figura 7.

En la Figura 6 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase alta, en los cuatro departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en aptitud de clase alta.

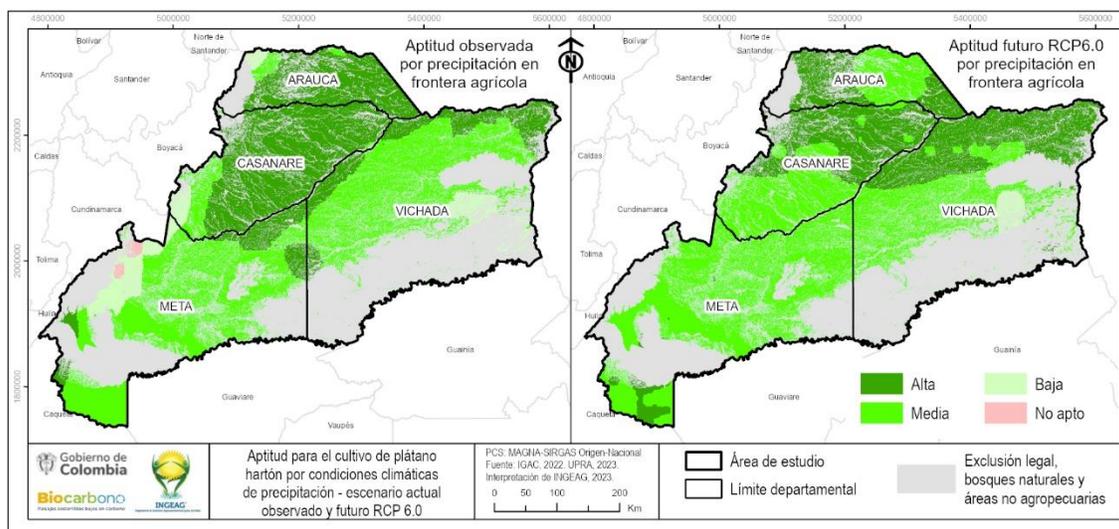


Figura 7. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de plátano hartón.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 7, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en Arauca y Casanare, y media en Meta y Vichada. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con cambios evidentes a aptitud de clase media en Meta y Casanare, y cambio hacia aptitud de clase alta al norte de Vichada.

3.4 Zonas aptas para el cultivo de soya

La soya cultivada es una de las principales oleaginosas de ciclo corto en los sistemas de producción colombianos, teniendo en cuenta su aporte biológico y químico a los suelos (Ramírez, 2006). También, Ramírez (2006) señala que la soya

es una excelente alternativa para la rotación de cultivos, en particular con el maíz y el arroz, favoreciendo otros sistemas de producción que involucran la rotación de gramíneas y leguminosas.

Teniendo en cuenta las consideraciones de Ramírez (2006) y de García (2018), así como consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de soya considerando los rangos de la Tabla 13 Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación en el semestre agrícola, de abril a septiembre, promedio multianual.

Tabla 13. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de soya.

Clase	Rangos temperatura mínima media anual en °C	Rangos precipitación en mm/semestre agrícola
Alta (A1)	24 - 28	500 - 800
Media (A2)	22 - 24; 28 - 32	400 - 500; 800 - 1000
Baja (A3)	20 - 22; 32 - 36	300 - 400
No apto (N1)	<20; >36	<300; >1000

Nota. Adaptado de Ramírez (2006).

Por medio de un geoprocésamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en las Figura 8 y Figura 9.

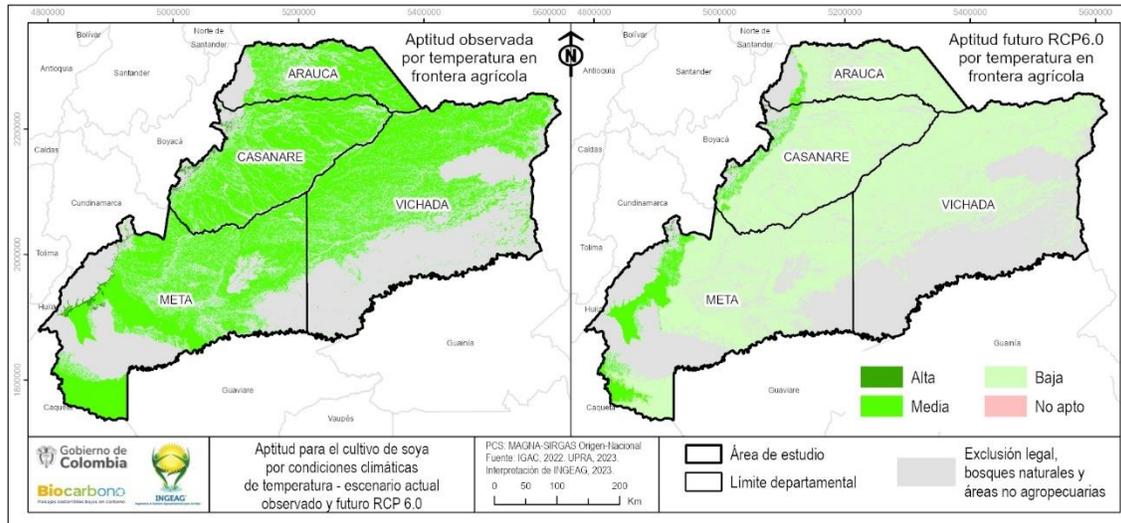


Figura 8. Zonas aptas por temperatura para el cultivo soya.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

En la Figura 8 se observa que la aptitud por temperatura actualmente en la región Orinoquia es de clase media. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a cambiar su aptitud a clase baja.

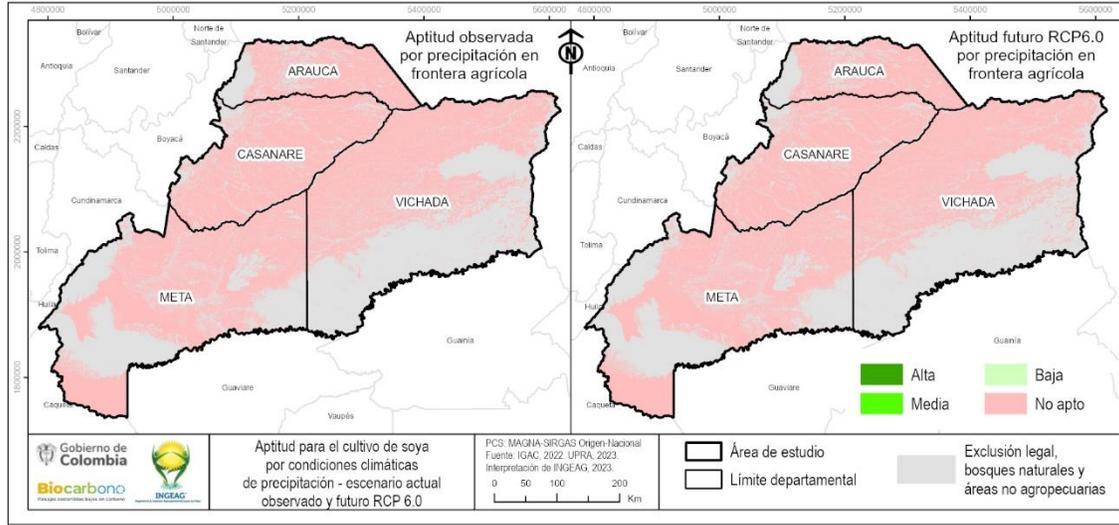


Figura 9. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de soya.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 9 se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es No apta. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las condiciones para la clase No apta. Teniendo en cuenta que en la Orinoquia se viene sembrando soya, es importante profundizar en detalles como sistemas productivos y tecnologías agrícolas de estos cultivos en la región, para entender como ha sido la adaptación frente a las condiciones climáticas.

3.5 Zonas aptas para el cultivo de maíz tecnificado

El cultivo de Maíz ha sido, históricamente, uno de los alimentos más antiguos de la humanidad. Según Fenalce (2010), se siembra en cerca de 135 países y es considerado el cereal más importante del mundo por su nivel de producción, superando al trigo y al arroz (UPRA, 2018). En Colombia, el cultivo de maíz (blanco o amarillo) es de los más destacados en la producción agrícola, dadas las condiciones agroclimáticas diversas y apropiadas del país, aunado con la adaptabilidad del cultivo (UPRA, 2018). En la Orinoquia, en los años recientes se viene sembrando de manera importante el maíz tecnifica, y también el tradicional, aunque en menor proporción.

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2018) y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de maíz tecnificado considerando los rangos de la Tabla 14. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación en el semestre agrícola, de abril a septiembre, promedio multianual.

Tabla 14. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de maíz tecnificado.

Clase	Rangos temperatura mínima media anual en °C	Rangos precipitación en mm/semestre agrícola
Alta (A1)	24 - 28	400 - 1000
Media (A2)	22- 24	1000 - 1500
Baja (A3)	20 -22; >28	1500 - 2000
No apto (N1)	<20	<400; >2000

Nota. Adaptado de UPRA (2018).

Por medio de un geoprocésamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en las Figura 10 y Figura 11.

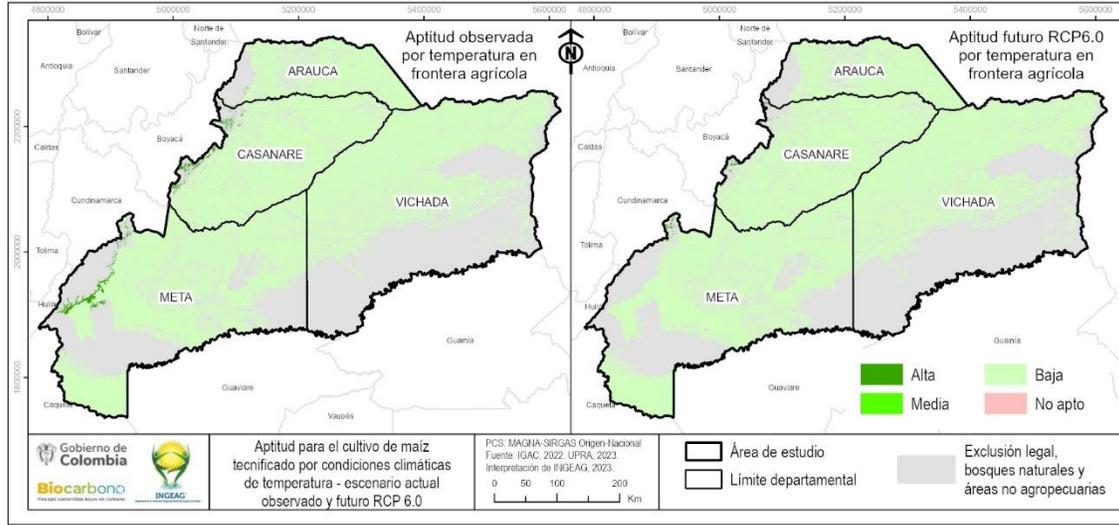


Figura 10. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de maíz tecnificado.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 10 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase baja, en la mayoría de la región. Por otra parte, en el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región tiende a mantener la aptitud de clase baja.

En la Figura 11 se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase baja en Arauca y Casanare, y baja o no apta en Vichada y Meta. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a aumentar la clase no apta en Vichada y Casanare. En Meta, la clase no apta se mueve hacia el norte del departamento, y en Arauca se presenta aptitud de clase media. Teniendo en cuenta que en la Orinoquia se viene sembrando maíz tecnificado y tradicional, es importante tener en cuenta la gran capacidad de adaptación del cultivo, así como profundizar en detalles sobre sistemas productivos y tecnologías agrícolas de estos en la región.

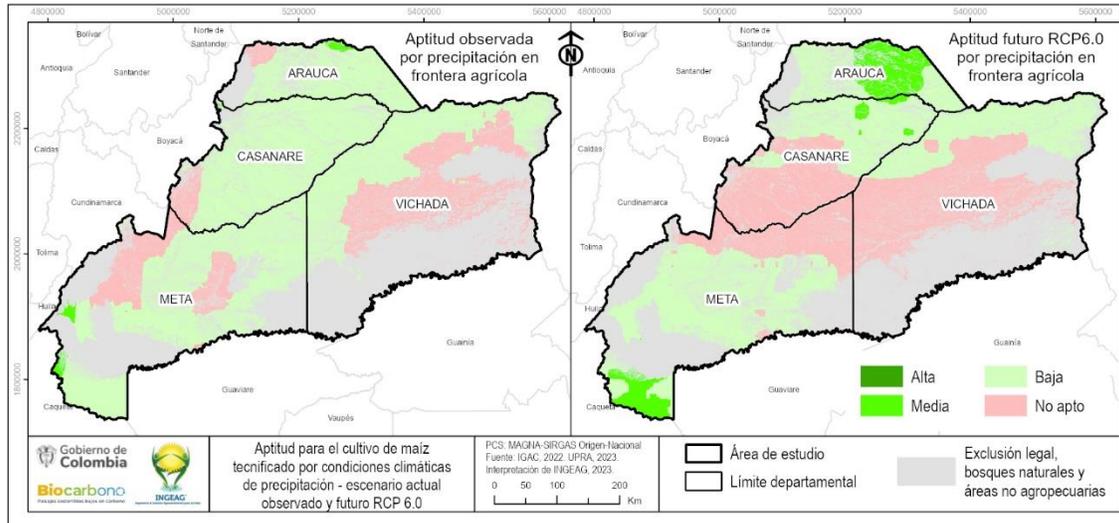


Figura 11. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de maíz tecnificado.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

3.6 Zonas aptas para el cultivo de cacao

La planta de cacao se caracteriza por ser de tipo arbóreo y porte bajo, donde las semillas son la parte más aprovechable económicamente. Su origen y centro de distribución comercial se encuentra en América del sur principalmente (UPRA, 2018). Según Fedecacao (2016), Colombia, Ecuador y Perú comparten el centro de origen de la especie, principalmente a lo largo de los ríos Amazonas y Orinoco; En Colombia, los principales centros de distribución del cacao comercial se encuentran en los departamentos de Casanare y Caquetá (Pérez-Arbeláez, 1996).

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2018) y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de cacao comercial considerando los rangos de la Tabla 15 Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 15. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de cacao.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	24 - 28	1500 - 2500
Media (A2)	22-24; >28	1000 - 1500; 2500 - 4000
Baja (A3)	20- 22	500 -1000; > 4000
No apto (N1)	<20	<500

Nota. Adaptado de UPRA (2018).

Por medio de un geoprocresamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 12 y Figura 13.

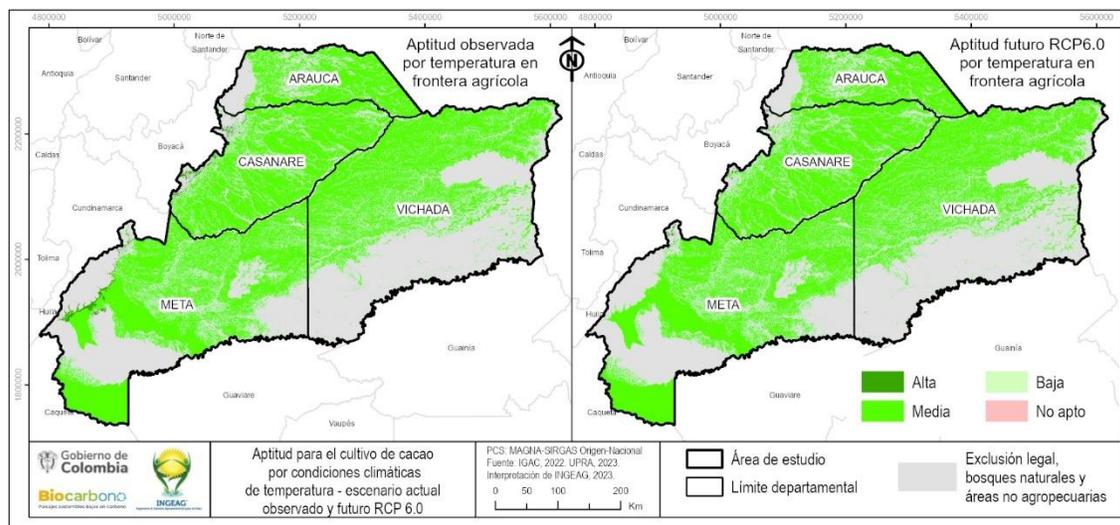


Figura 12. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de cacao.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

En la Figura 12 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase media, en los cuatro departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en aptitud de clase media.

En la Figura 13, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en Arauca y Casanare y norte de Vichada, y media en Meta y resto de Vichada. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con cambios evidentes hacia aptitud de clase media en Casanare, y cambio hacia aptitud de clase alta al norte de Vichada.

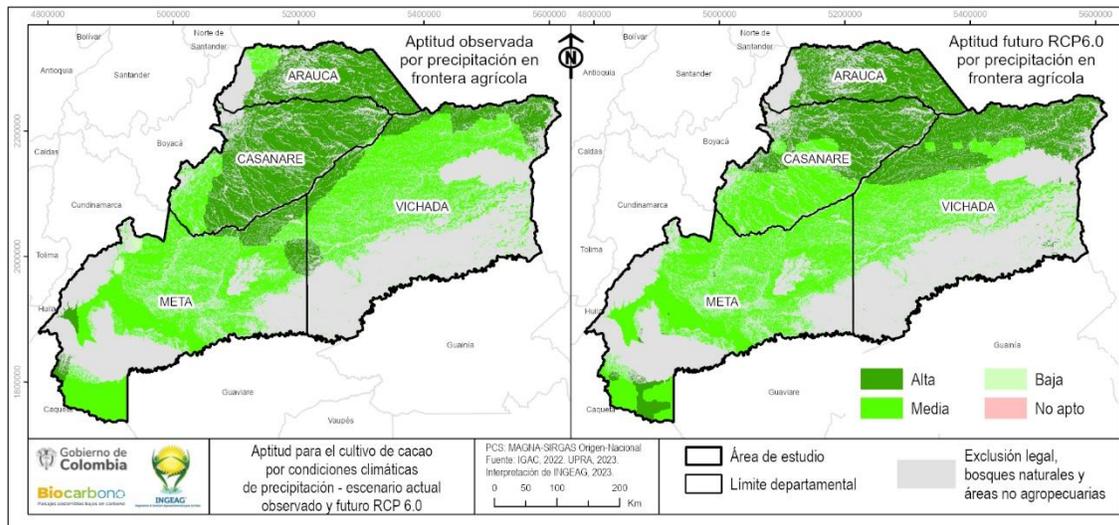


Figura 13. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de cacao.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

3.7 Zonas aptas para el cultivo de yuca

La planta de la yuca es un tubérculo, cuyo aprovechamiento es integral, pues sus raíces y hojas son fuentes de carbohidratos y proteínas. Es una de las fuentes alimentarias más grandes del mundo, solo superada por el arroz, maíz y la caña de azúcar. Su cultivo, espreciado por los agricultores por su tolerancia a eventos climáticos extremos como sequías y en algunos casos a suelos infértiles (DANE, 2016). Según la ENA (DANE, 2015), el departamento del Meta es el principal productor de Yuca del país.

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas por el DANE (2016), las anotaciones sobre el cultivo de Yuca, ubicadas en el repositorio Web de Agrosavia, y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de yuca considerando los rangos de la tabla

16. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 16. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de yuca.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	22 – 26	1000 - 1800
Media (A2)	20 - 22; 26 – 30	600 - 1000; 1800 -2500
Baja (A3)	-	2500 - 3000
No apto (N1)	<20; >30	<600; >3000

Nota. Adaptado de DANE (2016).

Por medio de un geoprocésamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 14 y Figura 15.

En la Figura 14 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase No apta, excepto en el piedemonte del Meta Y Casanare, donde se observan franjas de aptitud media. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en clase No apta.

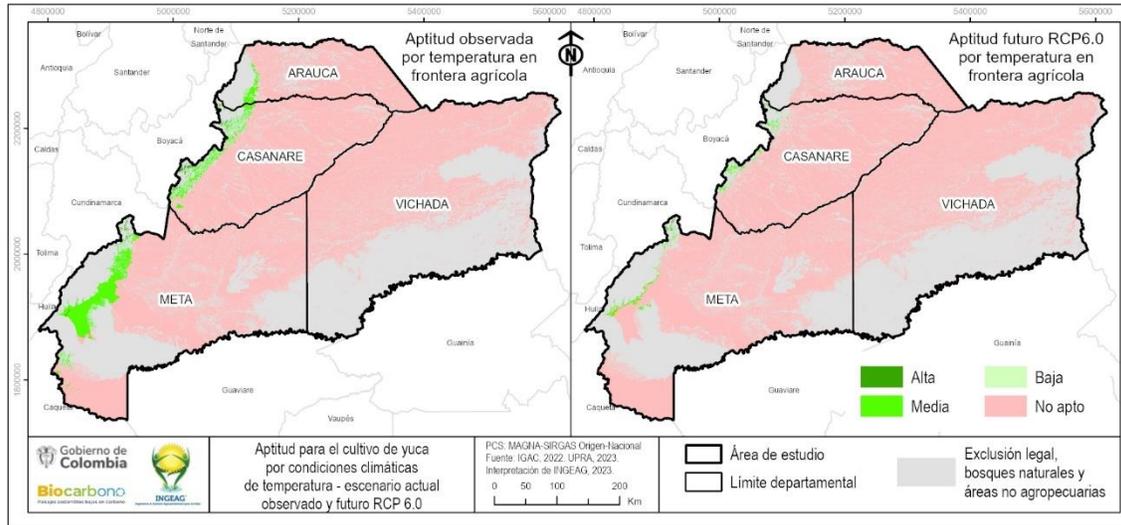


Figura 14. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de yuca.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

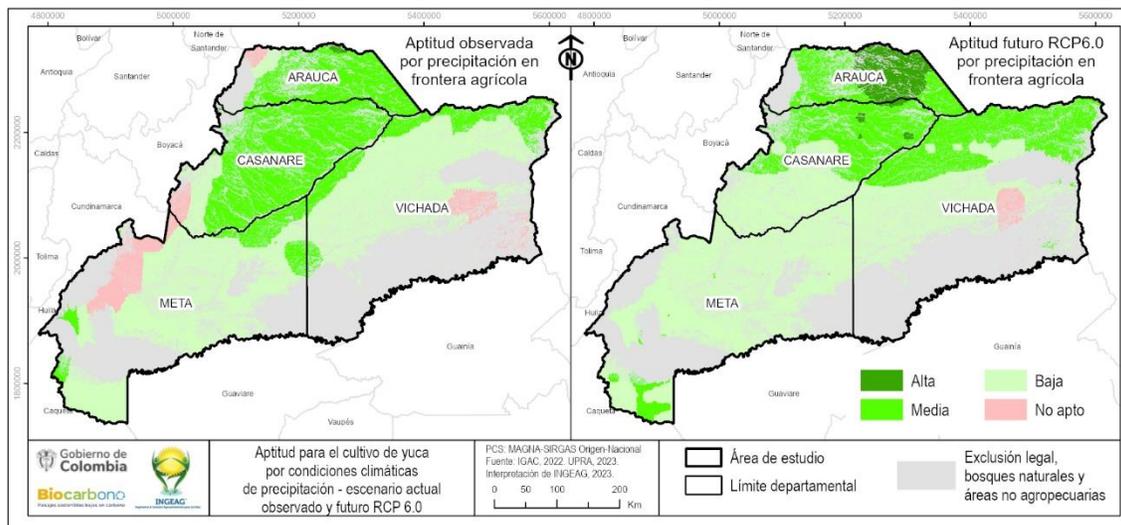


Figura 15. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de yuca.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 15, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase media en Arauca y Casanare, y baja en Meta y Vichada. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase media y baja, con cambios evidentes hacia aptitud de clase baja en Casanare, y cambio hacia aptitud de clase alta en Arauca.

3.8 Zonas aptas para el cultivo de marañón

El Marañón es considerado un cultivo de primera magnitud para el desarrollo territorial, desde lo ambiental, económico y social. Tiene alto contenido nutricional, y tanto su nuez como los frutos son industrializables, lo cual convierte al cultivo en una atractiva fuente de empleo (Corpoica 2007). En Colombia, el cultivo de marañón ha sido importante en productividad, siendo la región de la Orinoquia de las de mayor potencial para la siembra y desarrollo del cultivo, gracias a sus suelos y condiciones agroclimáticas (Corpoica, 2007).

Teniendo en cuenta las consideraciones de Corpoica (2007) y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de marañón considerando los rangos de la **Tabla 17**. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 17. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de marañón.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	>25	1000 - 2000
Media (A2)	21 - 25	2000 - 4000
Baja (A3)	-	800 - 1000; >4000
No apto (N1)	<21	<800

Nota. Adaptado de Corpoica (2007).

Por medio de un geoprocesamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en las Figura 16 y Figura 17.

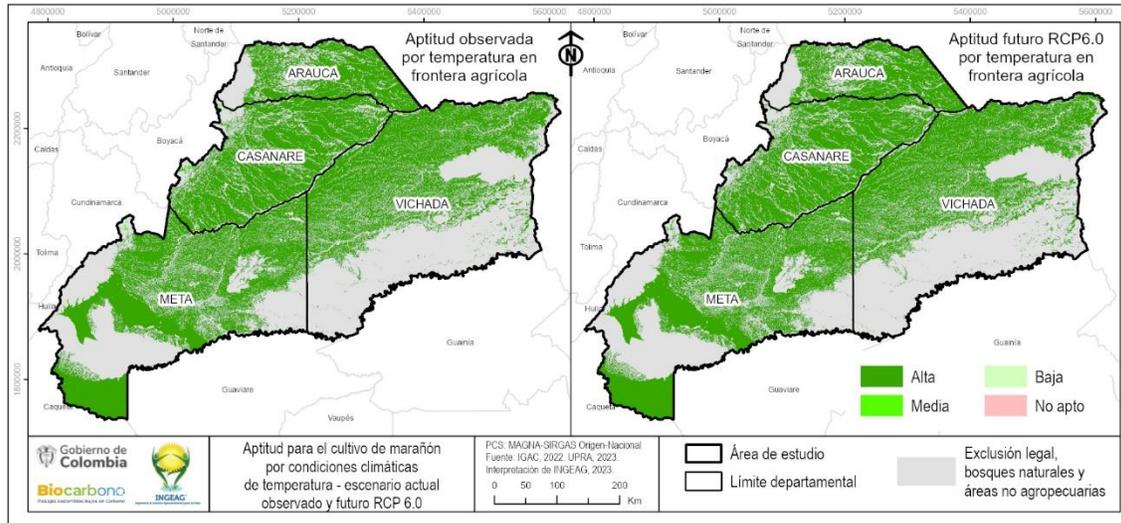


Figura 16. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de marañón.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

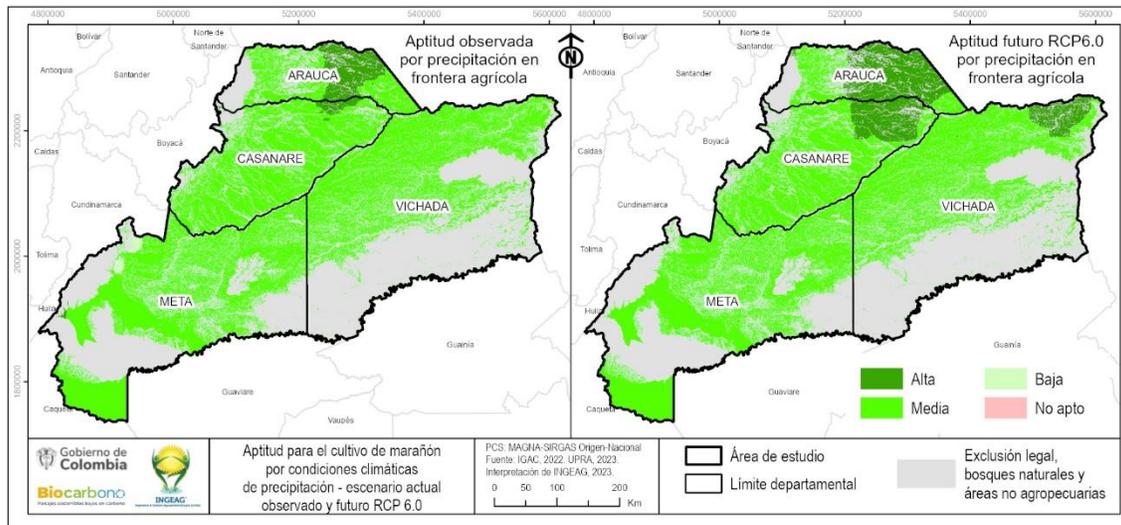


Figura 17. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de marañón.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 16 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase alta, para todos los departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en clase de aptitud alta. En la figura 17, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en el centro oriente de Arauca, y media en el resto de la región. En

el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con algunos cambios hacia aptitud de clase alta en Casanare y nororiente de Vichada.

Actualmente, en el marco del proyecto BIOCARBONO Orinoquia, un grupo de expertos de AGROSAVIA está investigando los requisitos biofísicos para el cultivo de Marañón, incluyendo entre los factores climáticos la precipitación y la temperatura. Los resultados están en proceso de discusión y revisión, y se utilizarán para modelar espacialmente las zonas adecuadas según la metodología de identificación de áreas aptas de UPRA (2018). Una vez publicados, se recomienda incorporar estos resultados en el análisis espacial propuesto en el presente documento técnico.

3.9 Zonas aptas para el cultivo de café

Según la UPRA (2022), la planta de café es un arbusto perenne, cuyo ciclo de vida alcanza hasta 25 de años en condiciones comerciales, según el sistema productivo y el ambiente donde se desarrolla. Su cultivo es uno de los más valiosos, dado que su cadena productiva y de comercialización proporciona empleo a muchas personas (UPRA, 2022). En Colombia, es uno de los productos agrícolas principales en cuanto a exportaciones, moviendo económicamente los mercados locales y regionales del país. En la Orinoquia, la siembra del cultivo de café viene figurando de manera importante en los años recientes.

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2022), López (2017) y consultas con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de café considerando los rangos de la Tabla 18. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 18. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de café.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	19 - 22	1800 - 2800
Media (A2)	16 - 19; 22 - 23	1500 - 1800; 2800 - 3000
Baja (A3)	15 - 16; 23 - 24	<1500; >3000
No apto (N1)	<15; >24	-

Nota. Adaptado de UPRA (2022).

Por medio de un geoprocetamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 18 y Figura 19.

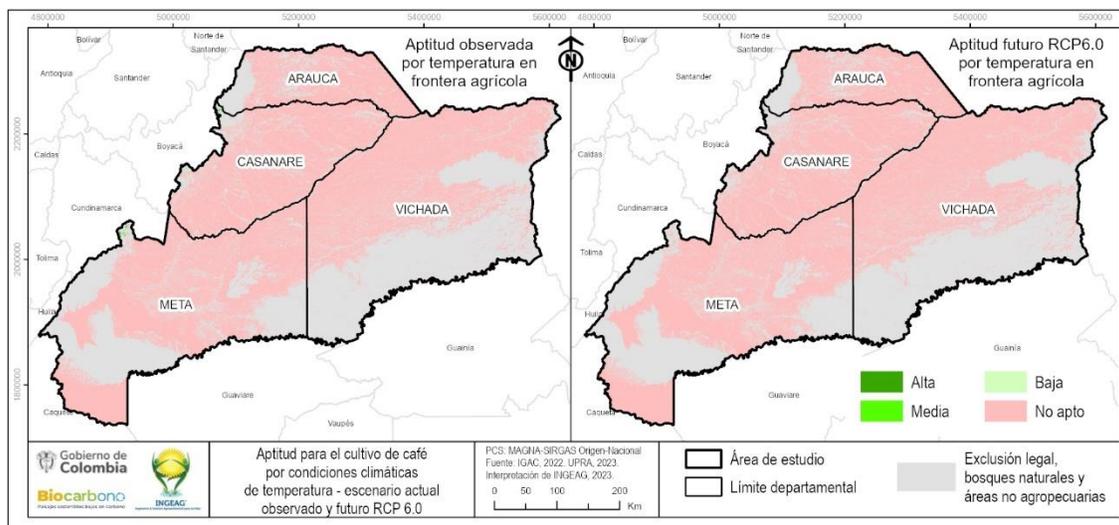


Figura 18. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de café.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

En la Figura 18 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase No apta, para todos los departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en clase no apta. Teniendo en cuenta la creciente incursión de la siembra de café en la región, se deben considerar detalles en sistemas productivos y tecnologías que hacen viable, por condiciones climáticas, la presencia del cultivo.

En la Figura 19, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en Arauca y Casanare, y alta y media en Meta y Vichada. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta, con algunos cambios hacia aptitud de clase alta en Meta y Vichada.

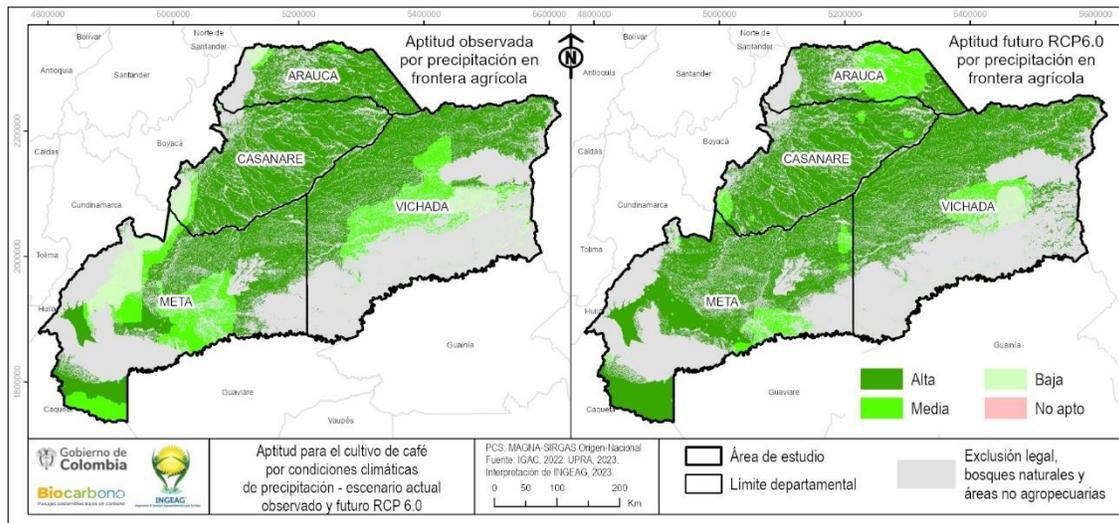


Figura 19. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de café.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

3.10 Zonas aptas para el cultivo de piña híbrido MD-2

La piña es el tercer cultivo de fruta tropical de mayor producción en el mundo, después del banano y los cítricos. Es una planta herbácea y perenne, que crece hasta 2 metros (Vásquez et al., 2012). La piña híbrido MD-2 es también conocida como oro miel, golden sweet, golden o dorada, y fue desarrollada en Hawái, producto de un cruce de híbridos (UPRA, 2020). Por las condiciones climáticas que requiere el cultivo, la Orinoquia se muestra con un alto potencial para su producción; en los años recientes, se evidencia la siembra progresiva de este cultivo.

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2020) y consulta con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de

aptitud del cultivo de piña híbrido MD-2 considerando los rangos de la tabla 19. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 19. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de piña.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	24 – 28	1000 - 2000
Media (A2)	18 – 24	2000 - 3000
Baja (A3)	>28	500 - 1000; 3000 - 4000
No apto (N1)	<18	<500; >4000

Nota. Adaptado de UPRA (2020).

Por medio de un geoprocésamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 20 y Figura 21.

En la Figura 20 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase baja, para todos los departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en aptitud de clase baja. En la figura 21, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en el centro oriente de Arauca, y media en resto de la región. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con algunos cambios hacia aptitud de clase alta en Casanare y Vichada.

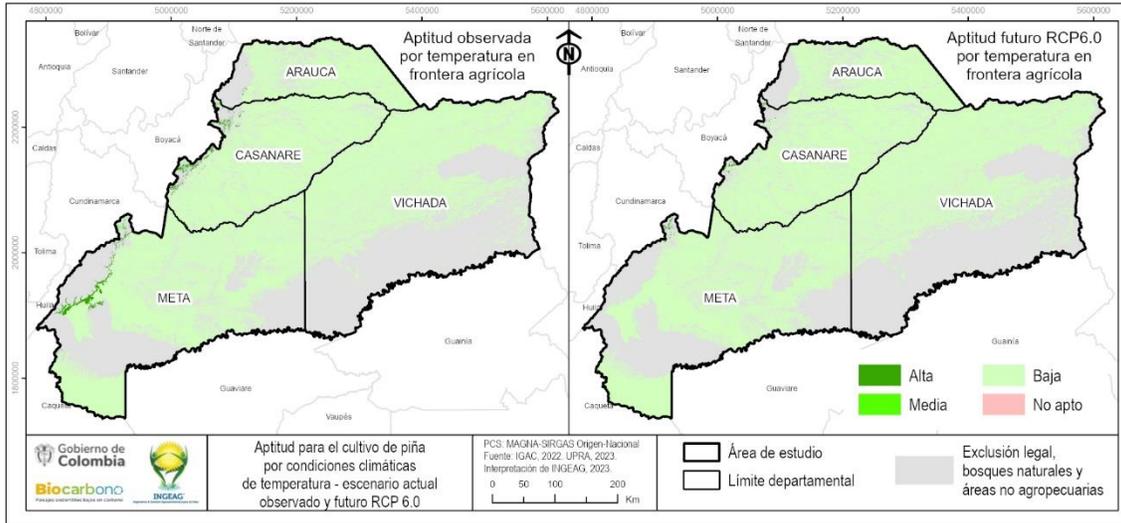


Figura 20. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de piña.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

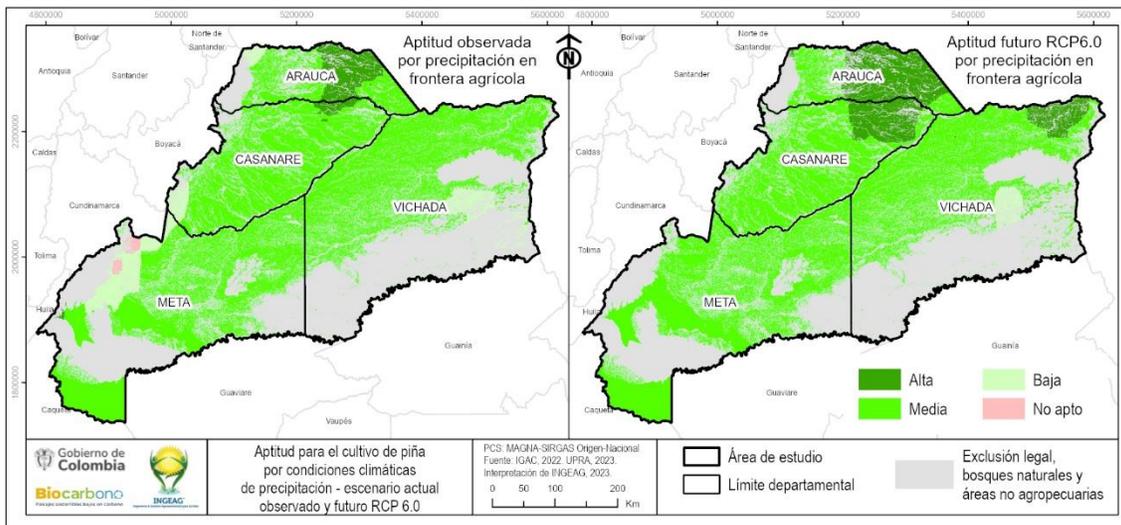


Figura 21. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de piña.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

3.11 Zonas aptas para el cultivo de caucho

El cultivo de caucho se extiende en el mundo a lo largo de la zona intertropical (Cenicaucho y Corpoica, 2013). El caucho natural es extraído de la corteza de algunas especies del género *Hevea*, familia Euphorbiaceae, sin embargo, actualmente solo se cultiva la especie *H. Brasiliensis*, con el propósito de extraer látex (UPRA, 2018). El potencial de expansión del cultivo de caucho en la Orinoquia es alta, dadas las condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo.

Tabla 20. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para el cultivo de caucho.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	24 - 28	2500 - 3000
Media (A2)	20 - 24	1500 - 2500; 3000 - 4000
Baja (A3)	>28	500 - 1500; 4000 - 5000
No apto (N1)	>20	<500; >5000

Nota. Adaptado de UPRA (2018).

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2018) y consulta con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud del cultivo de caucho considerando los rangos de la tabla 20. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Por medio de un geoprocesamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 22 y Figura 23.

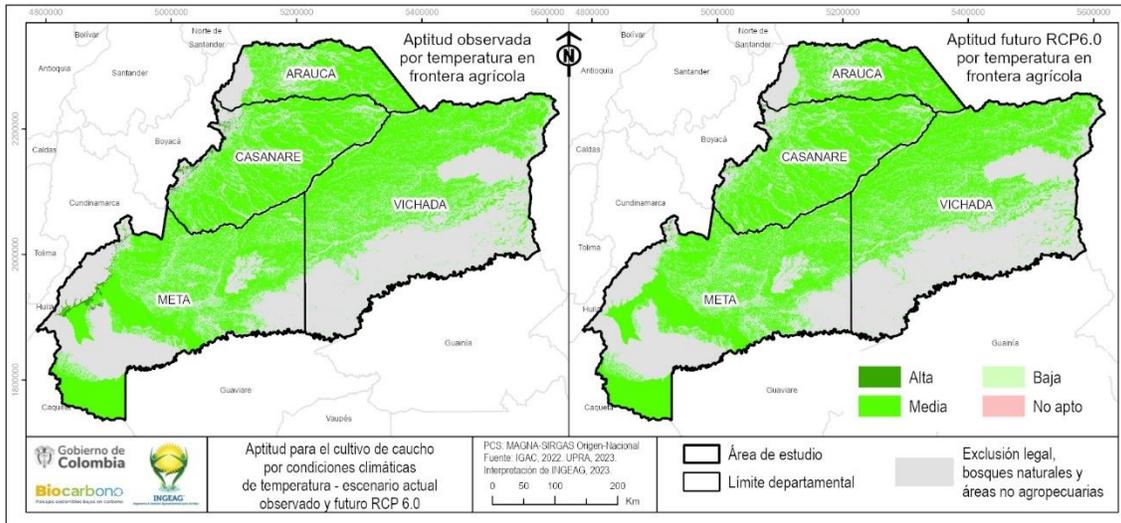


Figura 22. Zonas aptas por temperatura para el cultivo de caucho.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

En la Figura 22 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase media, para todos los departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en aptitud de clase media.

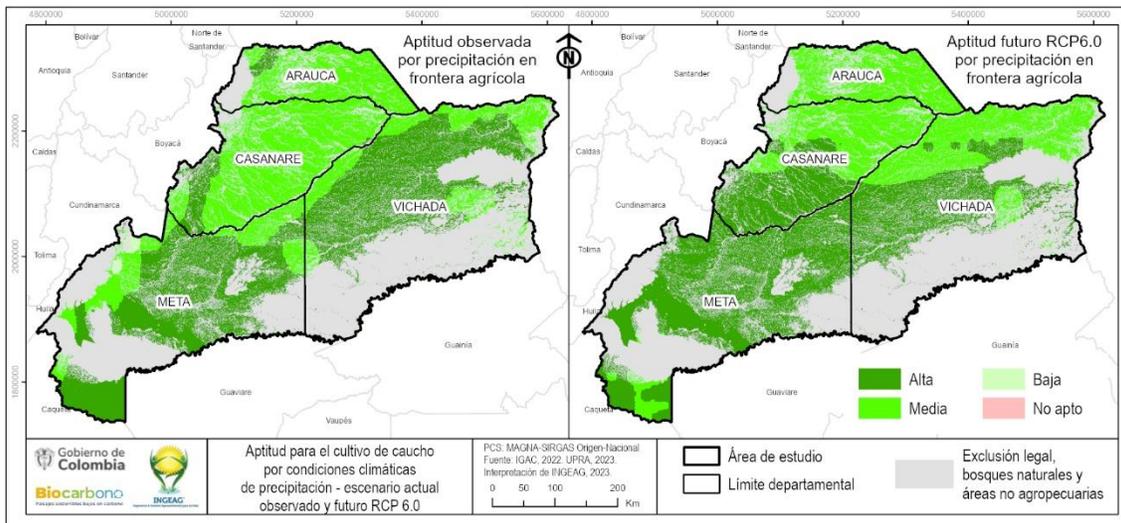


Figura 23. Zonas aptas por precipitación para el cultivo de caucho.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

En la Figura 23, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en Meta y Vichada, y media principalmente en Casanare y Arauca. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con algunos cambios evidentes en Casanare y Vichada.

3.12 Zonas aptas para plantaciones forestales con fines comerciales

El sector forestal representa una pequeña parte de la economía mundial, sin embargo, la globalización lo ha llevado a integrarse a otros sectores y mercados más competitivos, y gracias a las inversiones y mejoras tecnológicas, se generan nuevas oportunidades y perspectivas de inversión que lo potencian (FAO, 2010a). Colombia es uno de los países con mayor cobertura de bosques naturales, siendo también catalogado con una vocación forestal en más del 50% de su territorio (UPRA, 2015). En los años recientes, los usos forestales de Colombia se registran en la Orinoquia.

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2015) y consulta con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud para plantaciones forestales considerando los rangos de la tabla 21. Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Tabla 21. Rangos de aptitud de temperatura y precipitación para plantaciones forestales comerciales.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	>10	500 - 3500
Media (A2)	-	-
Baja (A3)	-	3500 - 5000
No apto (N1)	<10	<500; >5000

Nota. Adaptado de UPRA (2015).

Por medio de un geoprocésamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 24 y Figura 25.

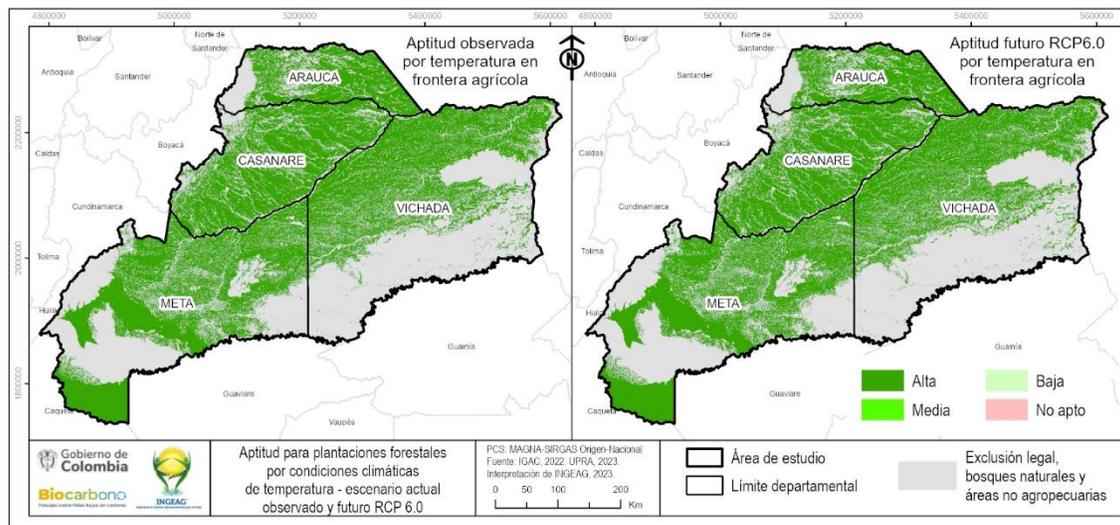


Figura 24. Zonas aptas por temperatura para plantaciones forestales.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 24 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase media, para todos los departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en aptitud de clase media.

En la Figura 25, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta en Meta y Vichada, y media principalmente en Casanare y Arauca. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta y media, con algunos cambios evidentes en Casanare y Vichada.

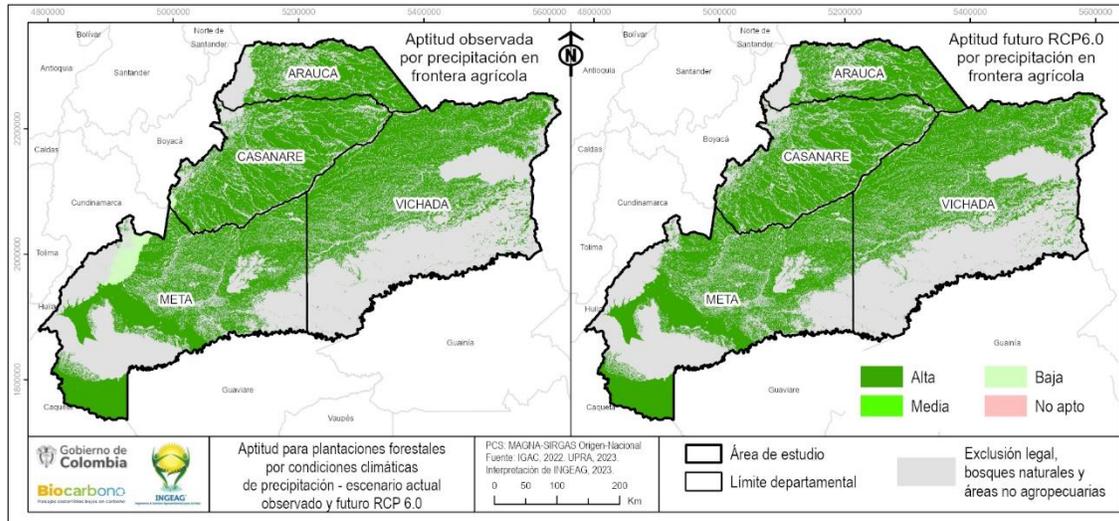


Figura 25. Zonas aptas por precipitación para plantaciones forestales.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

3.13 Zonas aptas para la producción de carne bovina en pastoreo

Las pasturas hacen parte de la biomasa forrajera, fundamental para la alimentación del ganado bovino. Considerando la importancia de la ganadería en la Orinoquia, analizar el cambio en la aptitud de la tierra para la siembra de pasturas es muy importante. En la Orinoquia, las pasturas que mejor se dan y que además se han venido adaptando a las condiciones climáticas son algunas de género de las Brachiarias, principalmente decumbens, himidícola y brizantha; estas han sido clasificadas por UPRA (2020), asignándolas al grupo 7 de pasturas.

Teniendo en cuenta las consideraciones de UPRA (2020), Corpoica (2010) y consulta con expertos en el tema, dentro del componente físico, subcomponente climático y el criterio de condiciones climáticas para temperatura y precipitación, se definen las zonas de aptitud para la producción de carne bovina en pastoreo (ver rangos de la tabla 22), analizando en particular las pasturas del grupo 7; en este grupo se identifican las Brachiarias de clima cálido con suelos ácidos y buen drenaje

(UPRA, 2020). Para el análisis geográfico de las zonas aptas del cultivo, se usan los datos de la temperatura media anual promedio multianual y la acumulación de precipitación total anual promedio multianual.

Por medio de un geoprocésamiento cartográfico, se reclasifican por rangos de aptitud las capas correspondientes de las variables temperatura y precipitación, tanto para los datos observados actuales como para el escenario futuro RCP 6.0. Como resultado, se observan las zonas aptas por variable para el cultivo en la Figura 26 y Figura 27.

Tabla 22. Rangos de aptitud de las variables temperatura y precipitación para la producción de carne bovina en pastoreo.

Clase	Rangos temperatura media anual en °C	Rangos precipitación en mm/año
Alta (A1)	>26	1500-3500
Media (A2)	20-26	1000-1500; 3500-4000
Baja (A3)	18-20	<1000; >4000
No apto (N1)	<18	

Nota. Adaptado de UPRA (2020) y Corpoica (2010).

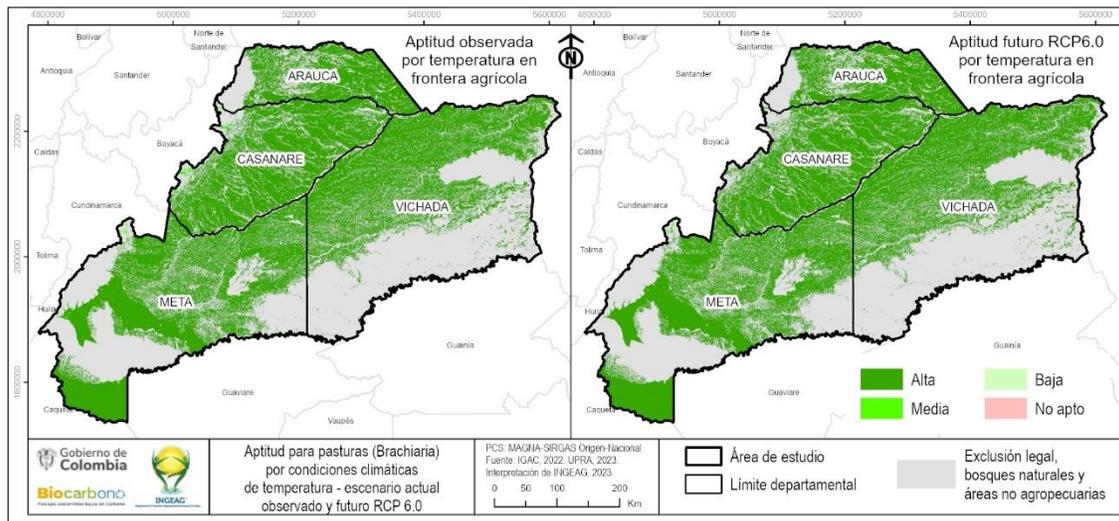


Figura 26. Zonas aptas por temperatura para carne bovina en pastoreo.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 26 se observa que la aptitud por temperatura actualmente es de clase alta, para todos los departamentos de la Orinoquia. En el escenario futuro RCP 6.0, se observa que la región en general tiende a mantenerse en aptitud de clase alta.

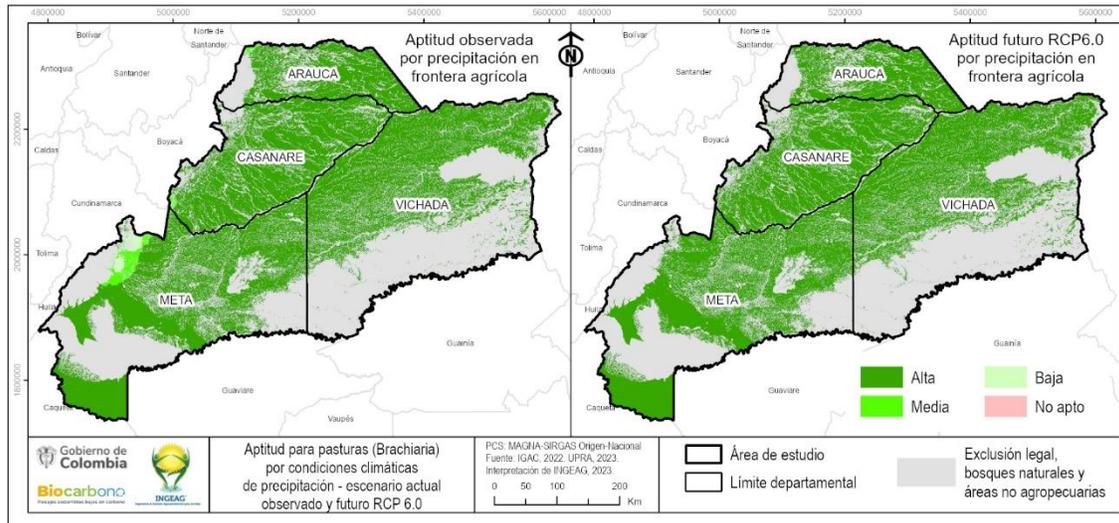


Figura 27. Zonas aptas por precipitación para carne bovina en pastoreo.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

En la Figura 27, se observa que la aptitud por precipitación en la región actualmente es de clase alta, prácticamente en los cuatro departamentos. En el escenario futuro RCP 6.0, la tendencia es a mantener las aptitudes de clase alta.

4 Cambio de aptitud de la tierra para cultivos y forrajes en la Orinoquia

El cambio de aptitud de la tierra para los cultivos, analizado como efecto relevante del cambio climático, es identificado al comparar las condiciones climáticas de precipitación y temperatura observadas frente a las del escenario futuro RCP 6.0 (2040). La leyenda que se utiliza para interpretar el cambio en las zonas aptas (Tabla 23), se adapta y presenta con base en la terminología utilizada en PRICCO (2017), para evidenciar cambios y efectos proyectados en escenarios de cambio climático. Es importante señalar que la lectura de los cambios de zonas aptas se realiza para el área en frontera agrícola de cada departamento, según la zonificación de frontera agrícola nacional de UPRA (2023).

En términos de zonas aptas para el cultivo, se entiende por **GANANCIA** de aptitud cuando las anomalías de las variables temperatura o precipitación incrementan las zonas con condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. En ese sentido, se entiende por **PERDIDA** de aptitud cuando las anomalías de las variables disminuyen las zonas con condiciones óptimas. Las condiciones por precipitación y temperatura son **ESTABLES**, cuando al comparar las variables observadas con el escenario futuro se mantienen las condiciones actuales para el desarrollo del cultivo. Por último, **AUSENTE** significa que las zonas no son aptas (por condiciones climáticas de precipitación o temperatura) para el desarrollo del cultivo.

Tabla 23. Leyenda del cambio de zonas aptas en el escenario futuro RCP 6.0.

<p>GANANCIA: Dadas las condiciones climáticas de precipitación o temperatura en el escenario futuro de cambio climático, se entiende por ganancia de aptitud cuando las anomalías de las variables temperatura o precipitación incrementan las zonas con condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo.</p>	
<p>PERDIDA: Dadas las condiciones climáticas de precipitación o temperatura en el escenario futuro de cambio climático, se entiende por pérdida de aptitud cuando las anomalías de las variables disminuyen las zonas con condiciones óptimas</p>	

<p>ESTABLE: Dadas las condiciones climáticas de precipitación o temperatura en el escenario futuro de cambio climático, la aptitud de la tierra para el cultivo es estable cuando al comparar las variables observadas con el escenario futuro se mantienen las condiciones actuales para el desarrollo del cultivo.</p>	
<p>AUSENTE: Dadas las condiciones climáticas de precipitación o temperatura en el escenario futuro de cambio climático, ausente significa que las zonas no son aptas (por condiciones climáticas de precipitación o temperatura) para el desarrollo del cultivo.</p>	

Nota. Adaptado de PRICCO (2017).

La leyenda del cambio de zonas aptas se obtiene a partir de un ejercicio de superposición cartográfica por álgebra de mapas, al comparar las zonas de aptitud actual observada con las zonas de aptitud en el escenario futuro RCP 6.0. Los resultados del geoprocésamiento se interpretan bajo la matriz de decisión de la Tabla 24. Las capas cartográficas editables se encuentran disponibles en el anexo de productos cartográficos.

Tabla 24. Leyenda del cambio de zonas aptas en el escenario futuro RCP 6.0.

Zonas de aptitud observadas	Zonas de aptitud en escenario futuro			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Alta (A1)	Estable	Pérdida	Pérdida	Pérdida
Media (A2)	Ganancia	Estable	Pérdida	Pérdida
Baja (A3)	Ganancia	Ganancia	Estable	Pérdida
No apta (N1)	Ganancia	Ganancia	Ganancia	Ausente

Nota. Adaptado de UPRA (2016) y PRICCO (2017).

En los siguientes numerales, se presentan las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos y pasturas más importantes de la región Orinoquia, resultado del análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación. Las cifras mencionadas corresponden a porcentajes del área en frontera agrícola de cada departamento.

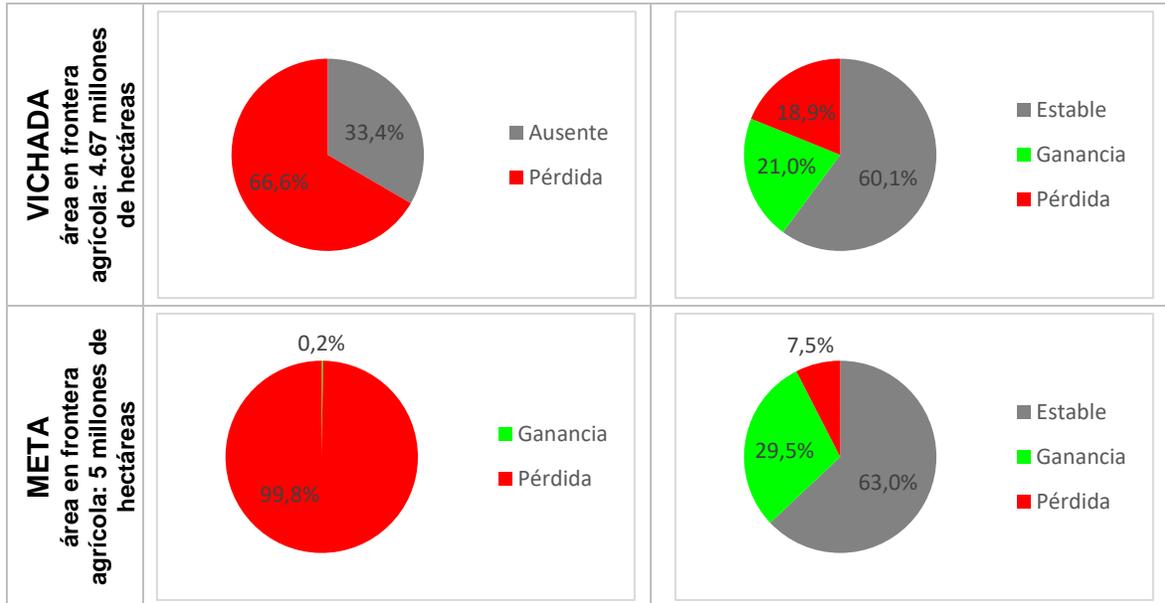
4.1 Cambio de zonas aptas para el cultivo de arroz seco mecanizado

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La figura 28 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de arroz seco mecanizado, mientras que la Tabla 25 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de arroz seco mecanizado**, tienden a perder aptitud por temperatura en la Orinoquia, mientras que por precipitación se mantienen estables parcialmente, con variaciones de ganancia y pérdida en todos los departamentos.

Tabla 25. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de arroz seco mecanizado.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>71,7% Pérdida, 28,3% Ausente</p>	<p>78,8% Estable, 13,4% Ganancia, 7,8% Pérdida</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>92,9% Pérdida, 6,4% Ausente, 0,7% Ganancia</p>	<p>42,6% Estable, 53,0% Pérdida, 4,4% Ganancia</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

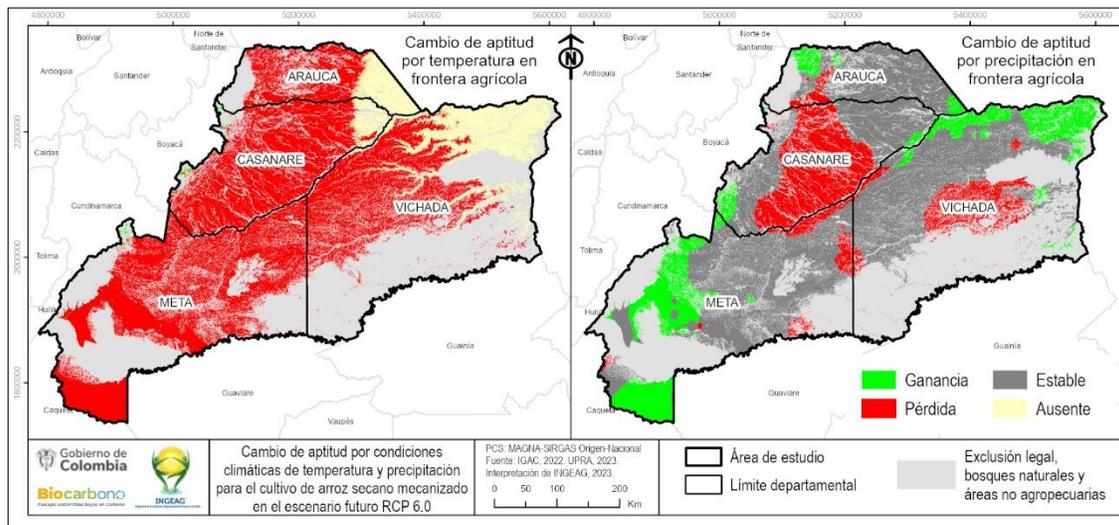


Figura 28. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de arroz seco mecanizado.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

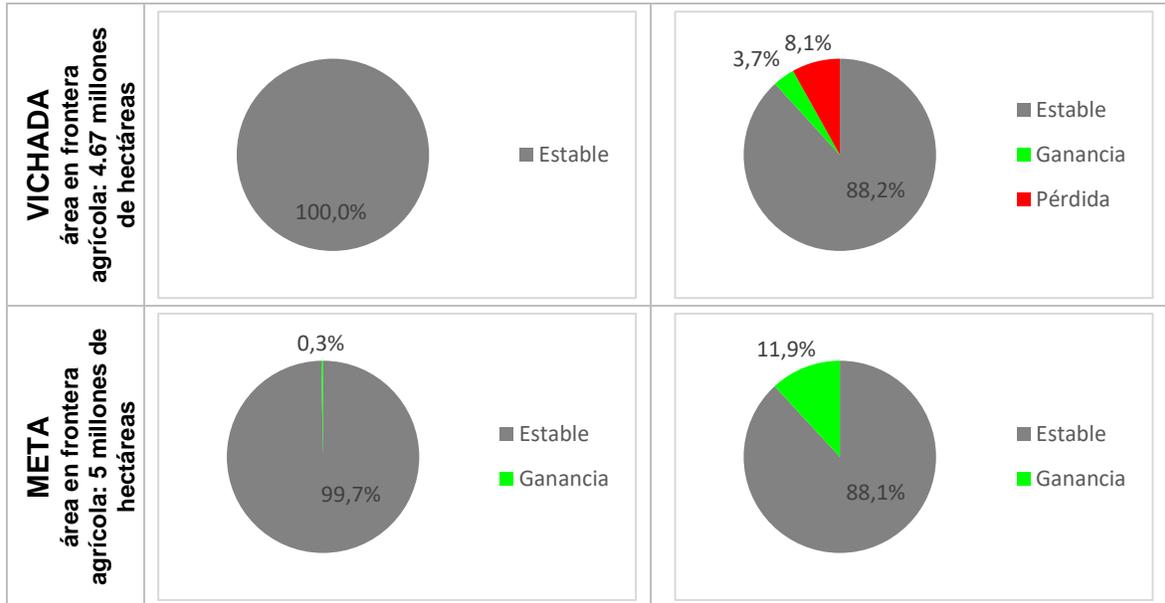
4.2 Cambio de zonas aptas para el cultivo de palma de aceite

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 29 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de palma de aceite, mientras que la Tabla 26 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de palma de aceite** por temperatura tienden a mantenerse estables, mientras que por precipitación se mantienen estables parcialmente, con variaciones de ganancia y pérdida en los departamentos.

Tabla 26. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de palma de aceite.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>100,0% Estable</p>	<p>69,9% Estable 26,6% Pérdida 3,5% Ganancia</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>99,2% Estable 0,8% Ganancia</p>	<p>82,2% Estable 14,4% Pérdida 3,5% Ganancia</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

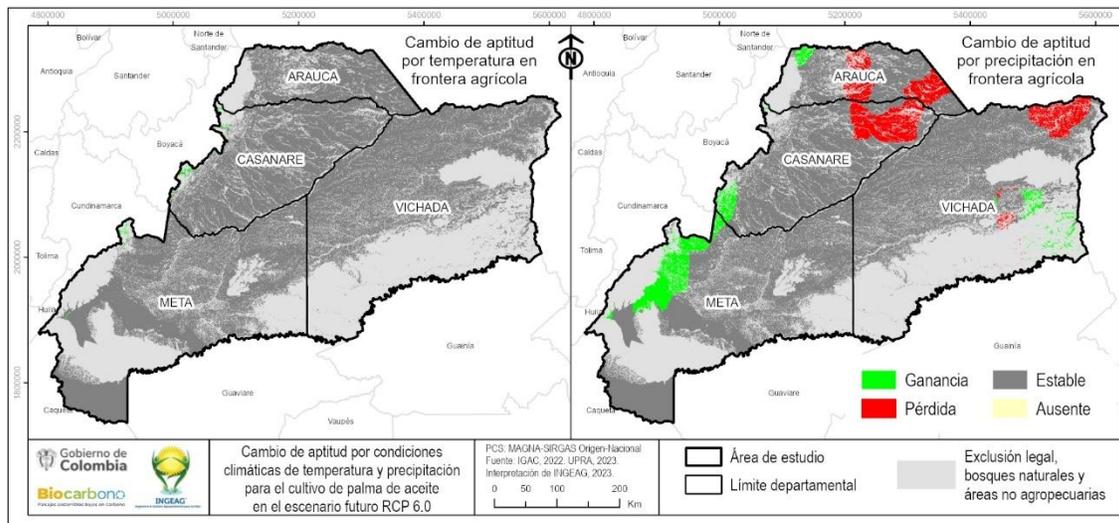


Figura 29. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de palma de aceite.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

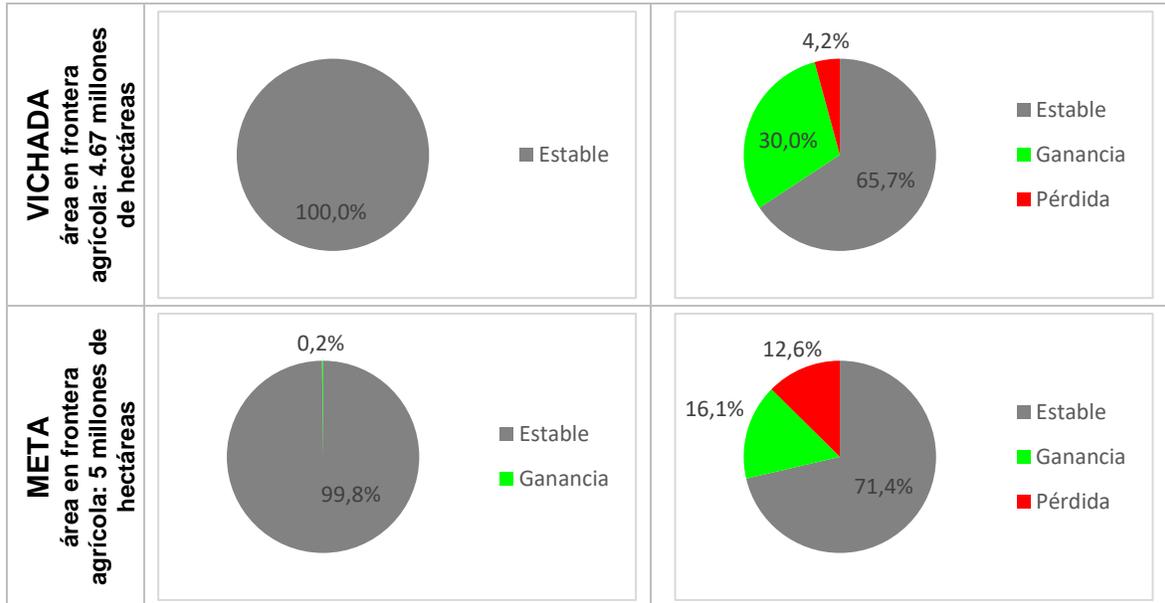
4.3 Cambio de zonas aptas para el cultivo de plátano hartón

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 30 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de plátano hartón, mientras que la Tabla 27 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para el cultivo de plátano hartón por temperatura se mantienen estables, pero parcialmente estables por precipitación, con pérdida notoria en Arauca y Casanare, y ganancia en Vichada y Meta.

Tabla 27. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de plátano hartón.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>100,0% ■ Estable</p>	<p>46,3% 9,9% 43,9% ■ Estable ■ Ganancia ■ Pérdida</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>0,2% 99,8% ■ Estable ■ Ganancia</p>	<p>57,2% 6,9% 35,9% ■ Estable ■ Ganancia ■ Pérdida</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

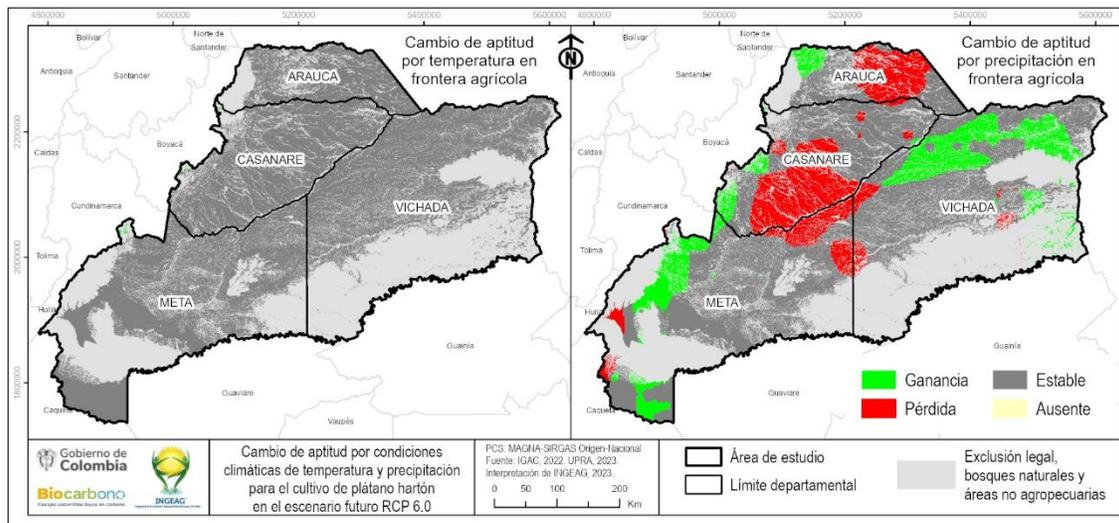


Figura 30. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de plátano hartón.

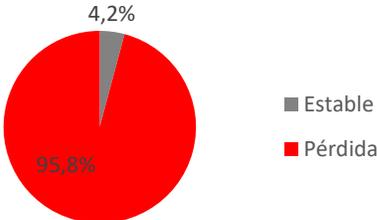
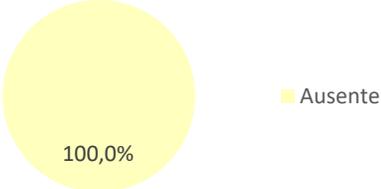
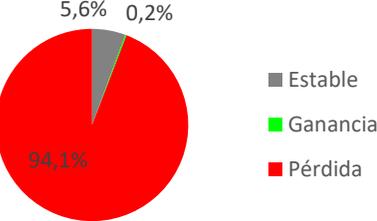
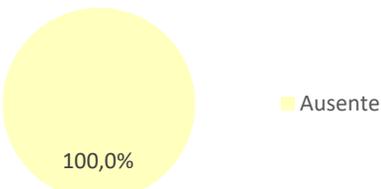
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

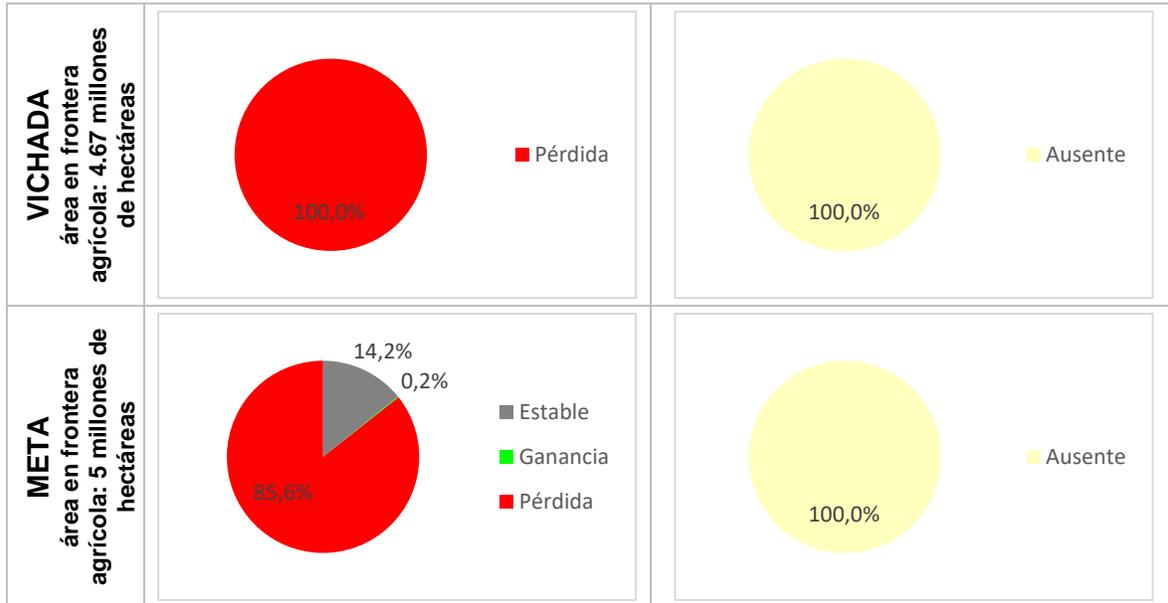
4.4 Cambio de zonas aptas para el cultivo de soya

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 31 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de soya, mientras que la Tabla 28 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de soya** por temperatura tienden a perder aptitud en la Orinoquia, mientras que por precipitación se mantienen las condiciones de No apto.

Tabla 28. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de soya.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	 <p>95,8% 4,2%</p> <p>■ Estable ■ Pérdida</p>	 <p>100,0%</p> <p>■ Ausente</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	 <p>94,1% 5,6% 0,2%</p> <p>■ Estable ■ Ganancia ■ Pérdida</p>	 <p>100,0%</p> <p>■ Ausente</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

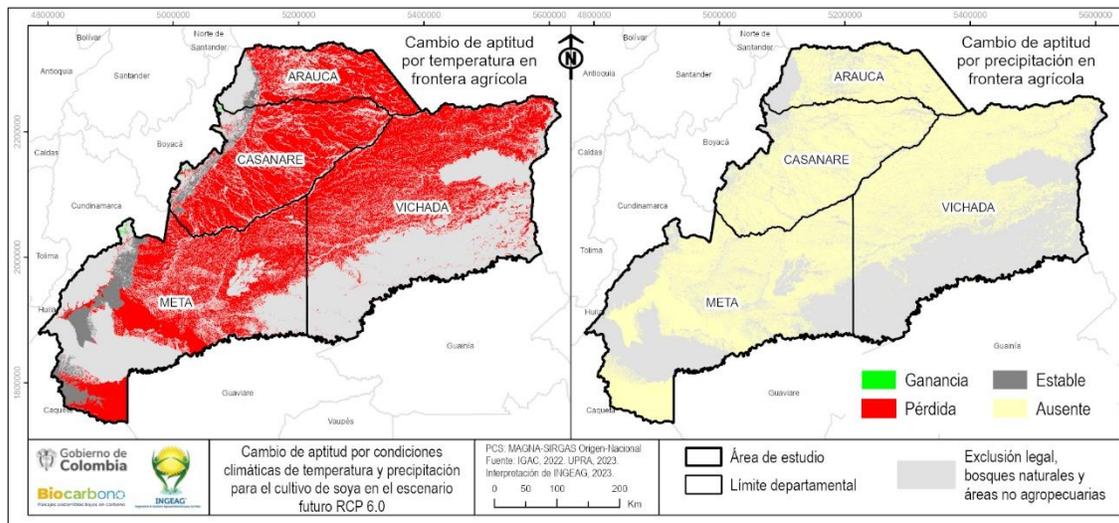


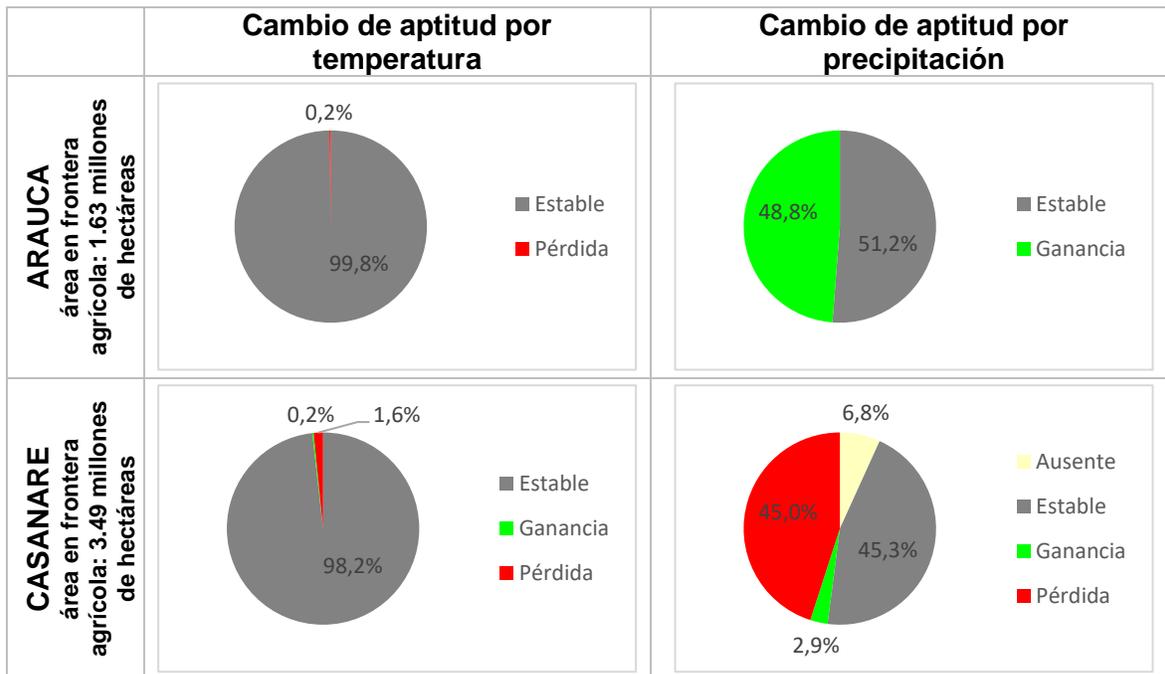
Figura 31. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de soja.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

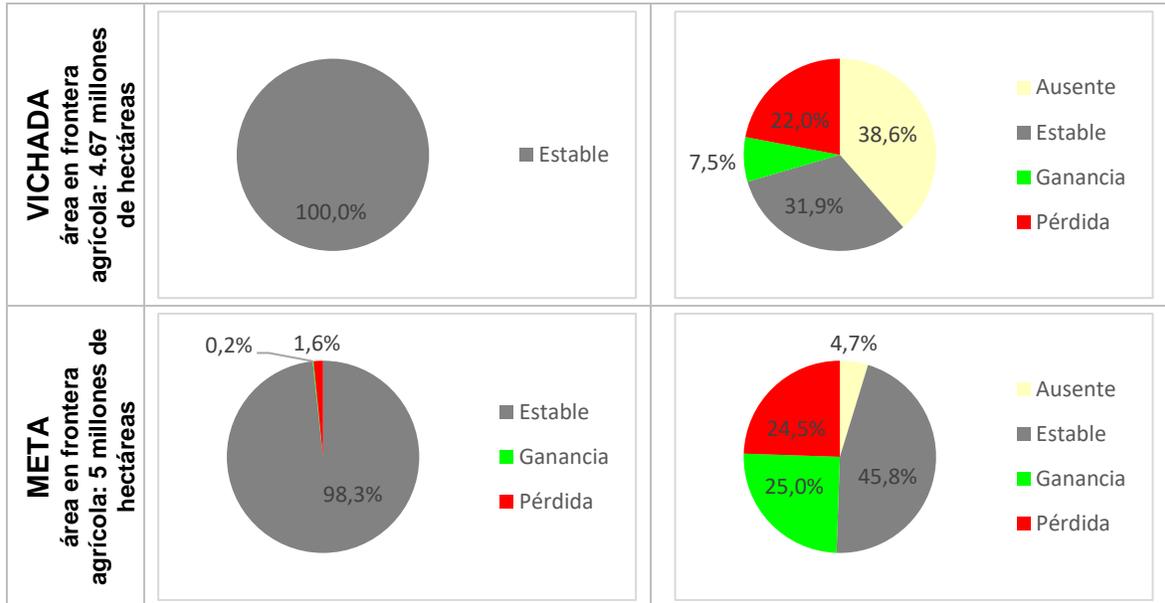
4.5 Cambio de zonas aptas para el cultivo de maíz tecnificado

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 32 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de maíz tecnificado, mientras que la Tabla 29 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de maíz tecnificado** por temperatura en la Orinoquia tienden a mantenerse estables con leve pérdida, mientras que por precipitación se hay tendencias entre ganancia y pérdida en todos los departamentos, excepto Arauca donde se evidencia ganancia de aptitud.

Tabla 29. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de maíz tecnificado.





Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

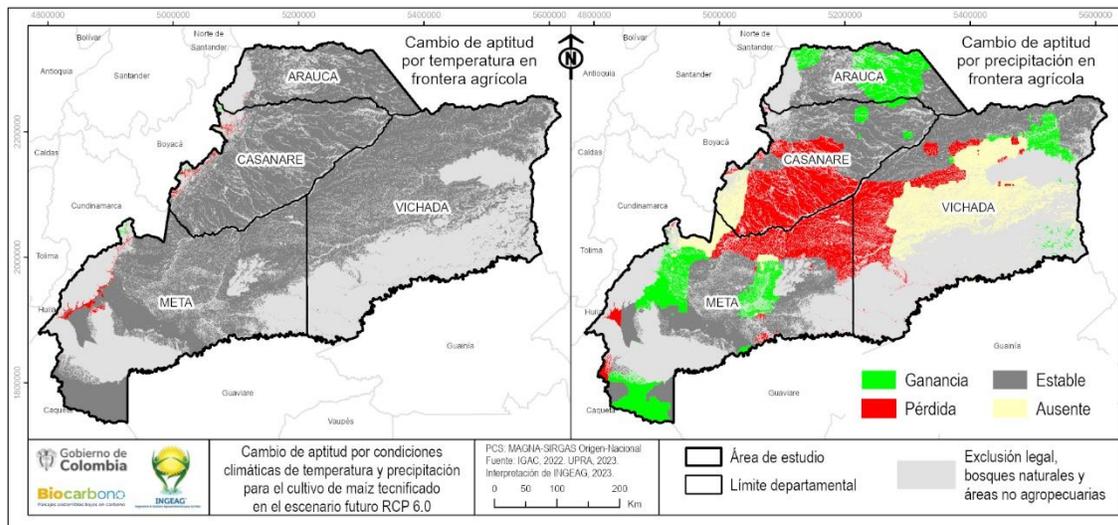


Figura 32. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de maíz tecnificado.

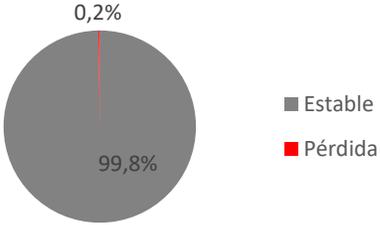
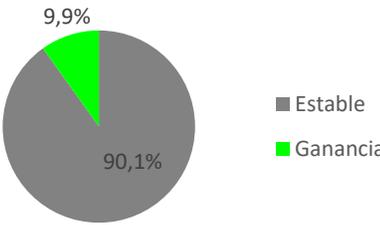
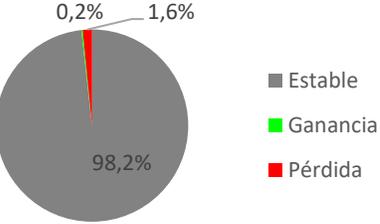
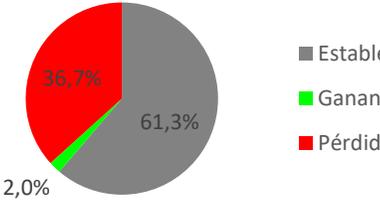
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

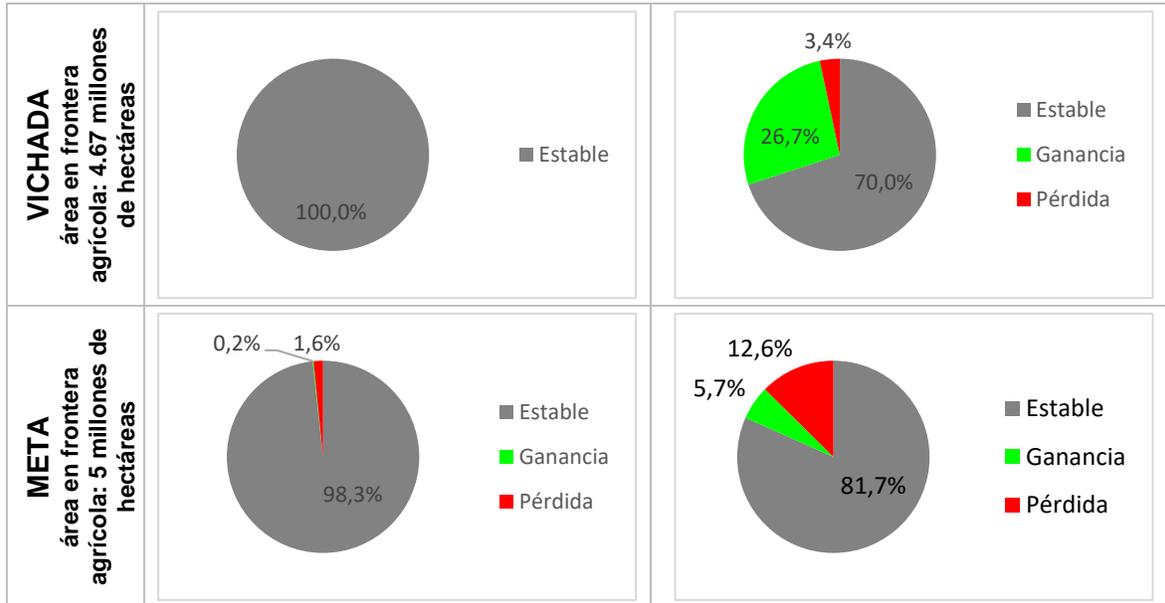
4.6 Cambio de zonas aptas para el cultivo de cacao

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 33 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de cacao, mientras que la Tabla 30 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de cacao** por temperatura en la Orinoquia tienden a mantenerse estables con leve pérdida, mientras que por precipitación hay tendencias entre ganancia y pérdida en todos los departamentos, con pérdida particularmente alta en Casanare.

Tabla 30. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de cacao.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	 <p>99,8% Estable 0,2% Pérdida</p>	 <p>90,1% Estable 9,9% Ganancia</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	 <p>98,2% Estable 1,6% Ganancia 0,2% Pérdida</p>	 <p>61,3% Estable 36,7% Pérdida 2,0% Ganancia</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

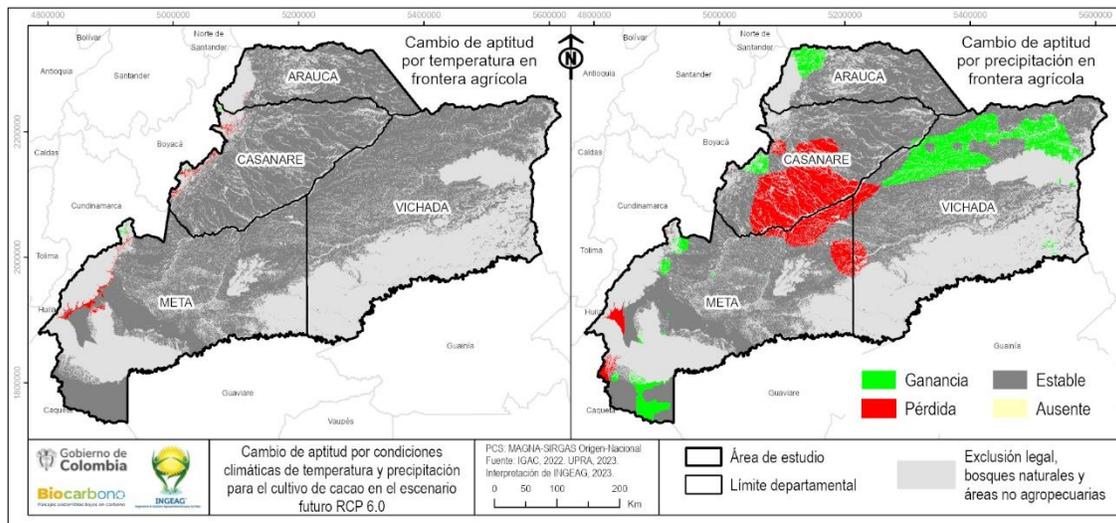


Figura 33. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de cacao.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

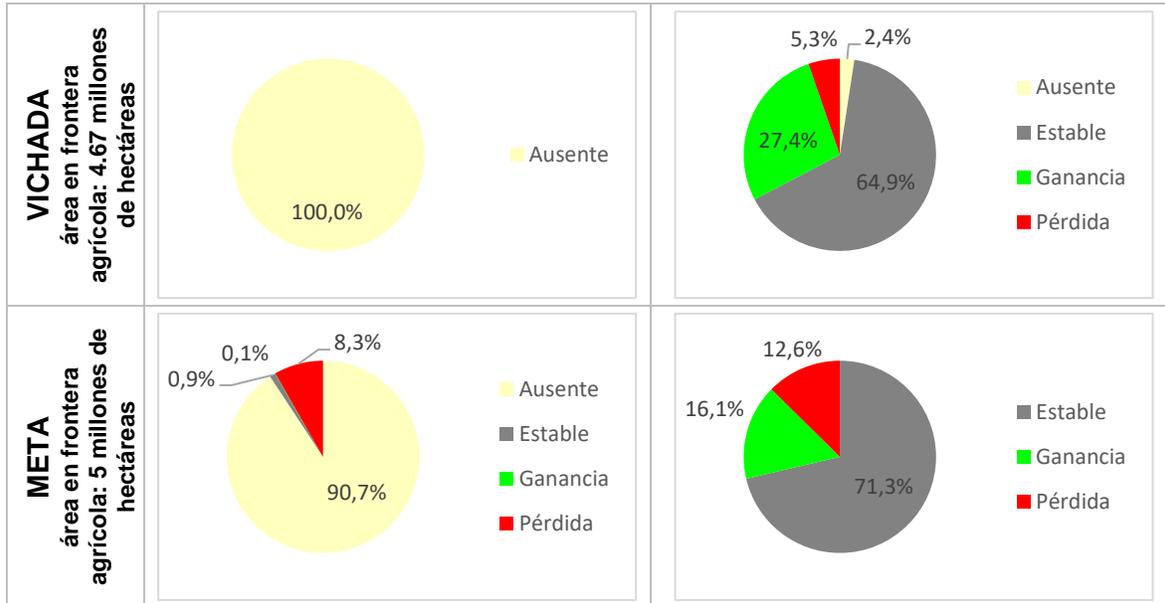
4.7 Cambio de zonas aptas para el cultivo de yuca

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 34 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de yuca, mientras que la Tabla 31 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de yuca** por temperatura en la Orinoquia se mantienen en categoría no apta, con pérdida de aptitud en el piedemonte, mientras que por precipitación hay tendencias de ganancia en Arauca y Vichada, y de pérdida en Casanare y nororiente del Meta.

Tabla 31. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de yuca.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>96,5% 3,4% 0,1%</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausente Estable Pérdida 	<p>53,7% 46,3%</p> <ul style="list-style-type: none"> Estable Ganancia
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>93,9% 5,2% 0,9%</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausente Estable Pérdida 	<p>57,2% 34,8% 8,0%</p> <ul style="list-style-type: none"> Estable Ganancia Pérdida



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

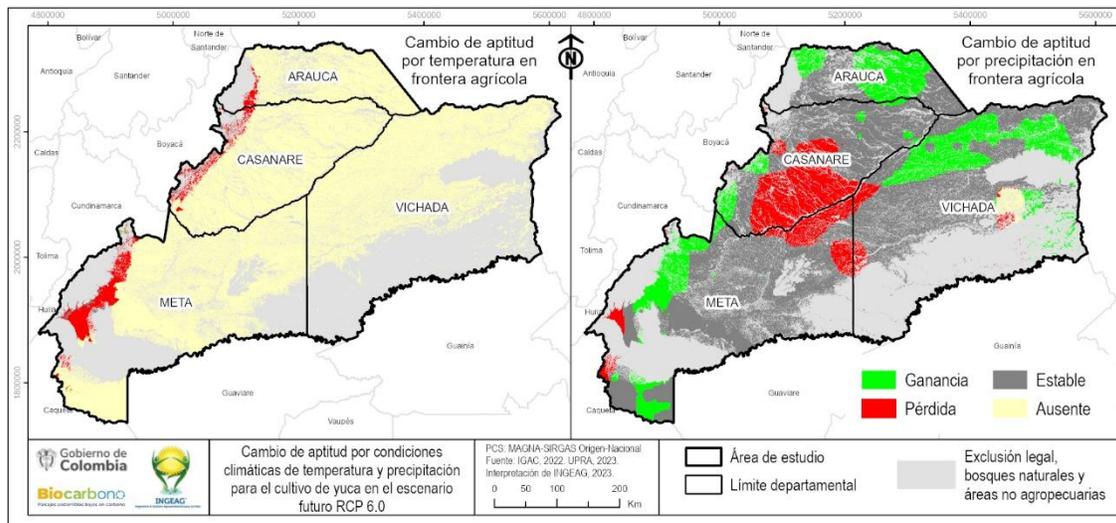


Figura 34. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de yuca.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

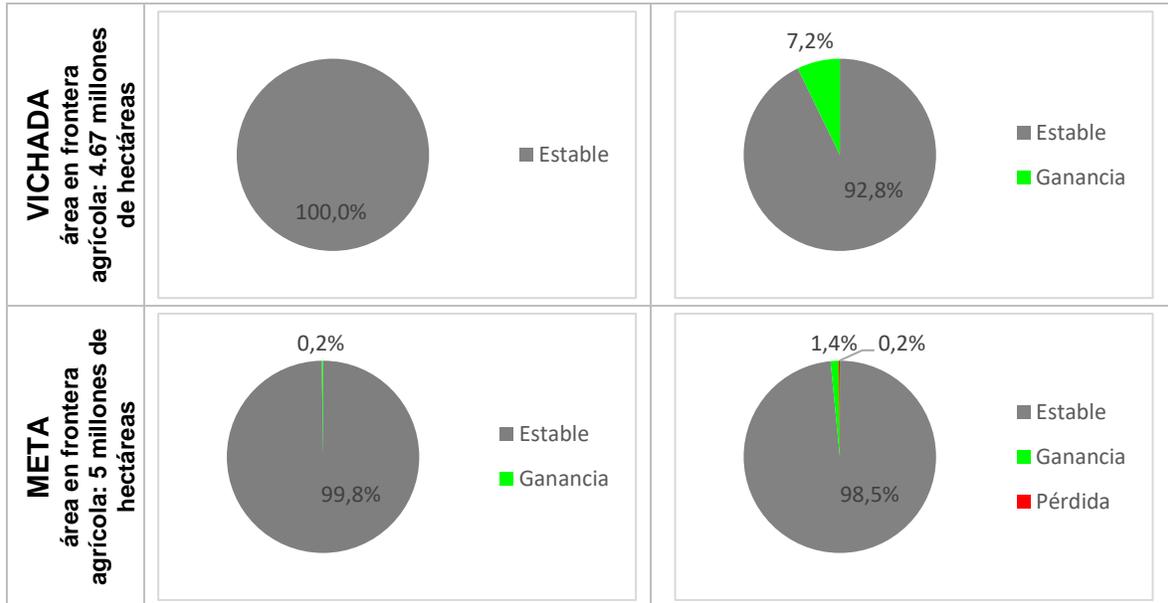
4.8 Cambio de zonas aptas para el cultivo de marañón

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 35 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de marañón, mientras que la Tabla 32 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de marañón** por temperatura en la Orinoquia se mantienen estables, mientras que por precipitación hay tendencias de ganancia en todos los departamentos.

Tabla 32. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de marañón.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>100,0% Estable</p>	<p>72,9% Estable 27,1% Ganancia</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>99,5% Estable 0,5% Ganancia</p>	<p>85,5% Estable 14,4% Ganancia 0,1% Pérdida</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

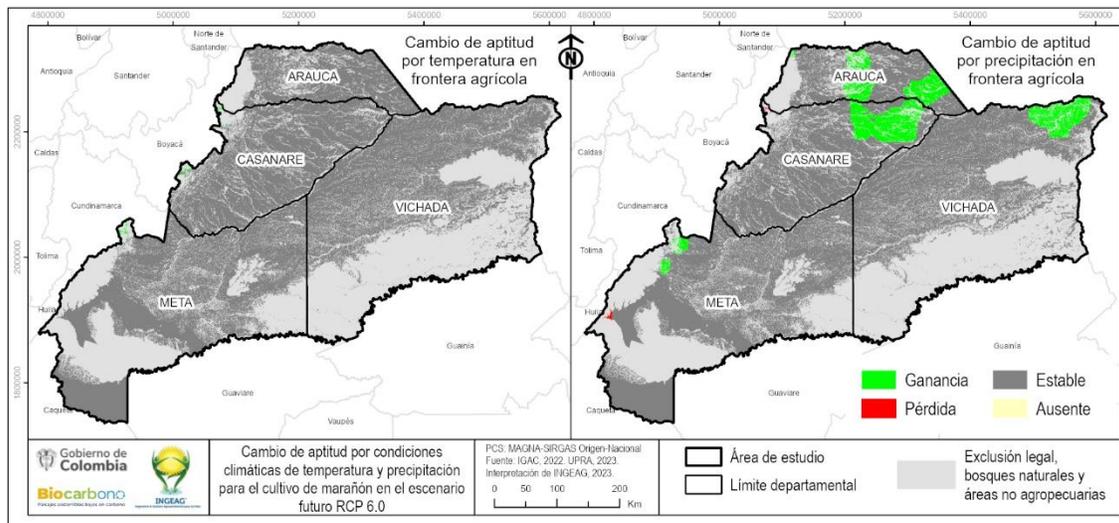


Figura 35. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de marañón.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

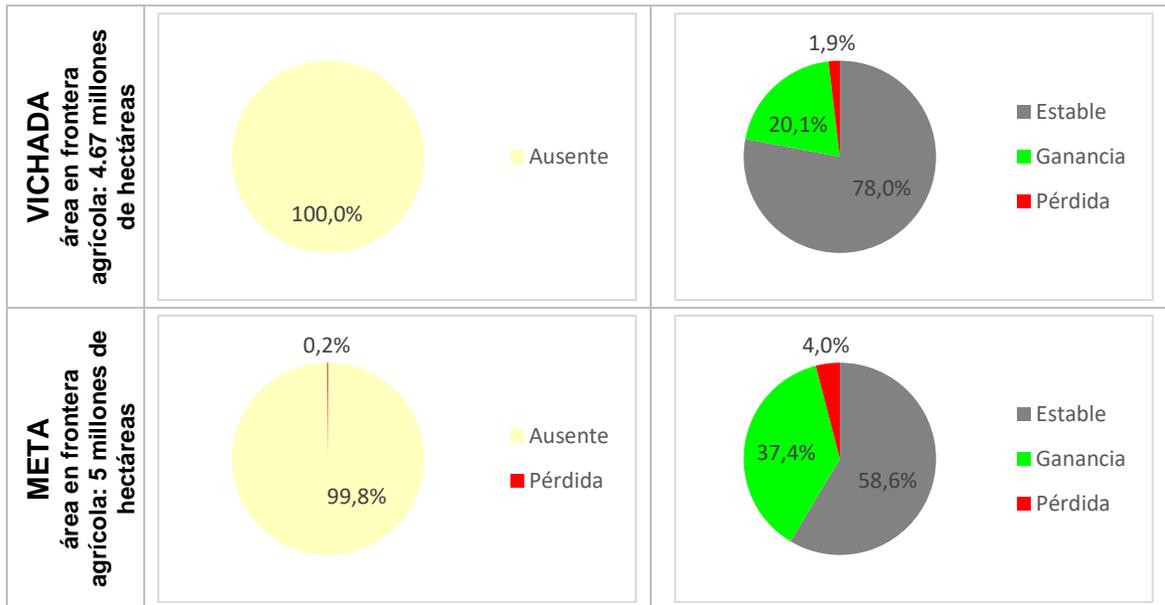
4.9 Cambio de zonas aptas para el cultivo de café

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 36 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de café, mientras que la Tabla 33 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

En la Orinoquia, no hay aptitud por temperatura para **el cultivo de café**, mientras que por precipitación hay tendencia a que se mantengan estables, con ganancia evidente en Meta y Vichada, y pérdida en Arauca.

Tabla 33. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de café.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>100,0% Ausente</p>	<p>50,3% Estable 43,9% Pérdida 5,8% Ganancia</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>99,8% Ausente 0,2% Pérdida</p>	<p>92,5% Estable 5,5% Ganancia 2,0% Pérdida</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

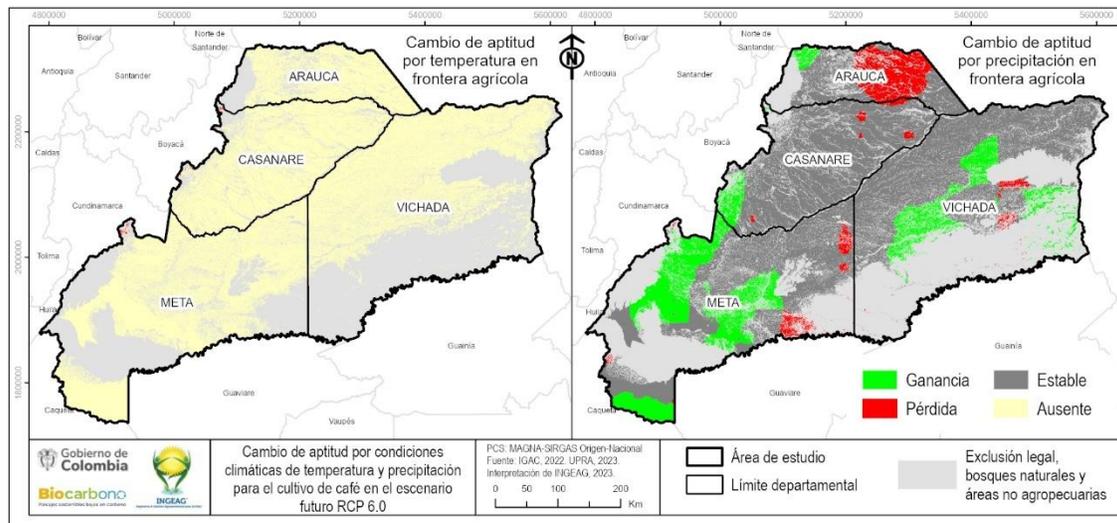


Figura 36. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de café.
Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

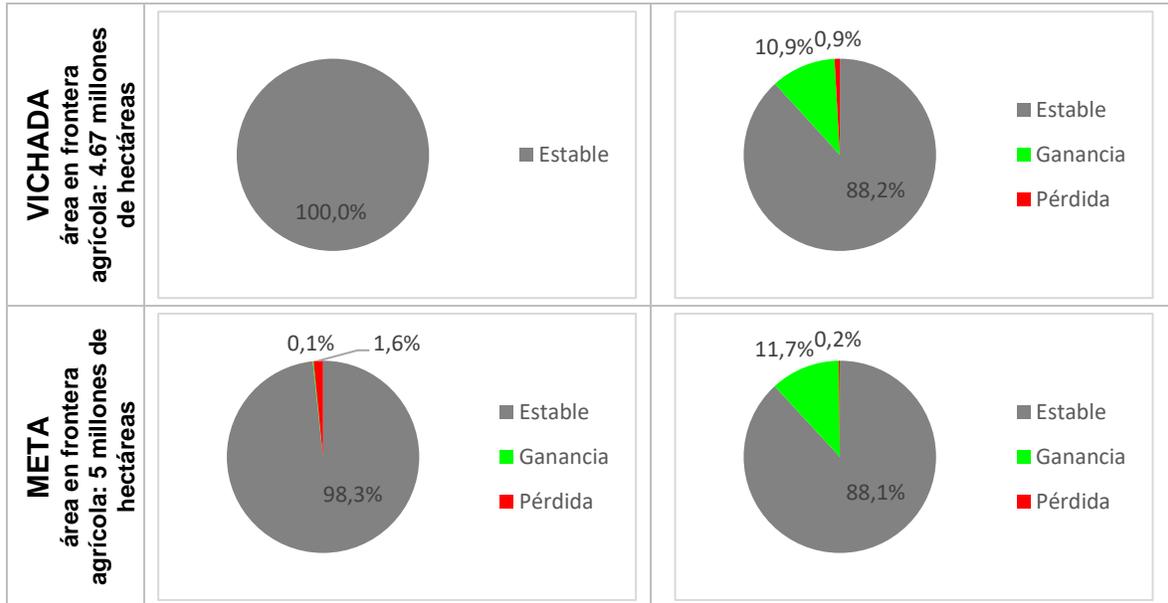
4.10 Cambio de zonas aptas para el cultivo de piña híbrido MD-2

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 37 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo de piña híbrido MD-2, mientras que la Tabla 34 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de piña híbrido MD-2** por temperatura en la Orinoquia tienden a mantenerse estables, mientras que por precipitación hay tendencia a la ganancia en todos los departamentos.

Tabla 34. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de piña híbrido MD-2.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>99,8% Estable 0,2% Pérdida</p>	<p>69,4% Estable 30,6% Ganancia</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>98,2% Estable 1,6% Ganancia 0,2% Pérdida</p>	<p>82,2% Estable 17,7% Ganancia 0,1% Pérdida</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

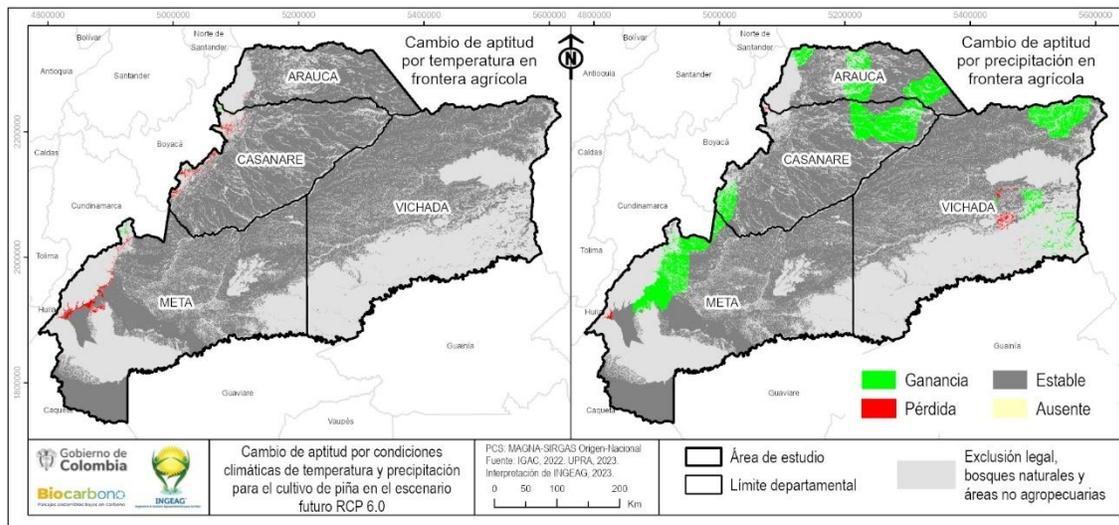


Figura 37. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de piña híbrido MD-2.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por INGEAG, 2023.

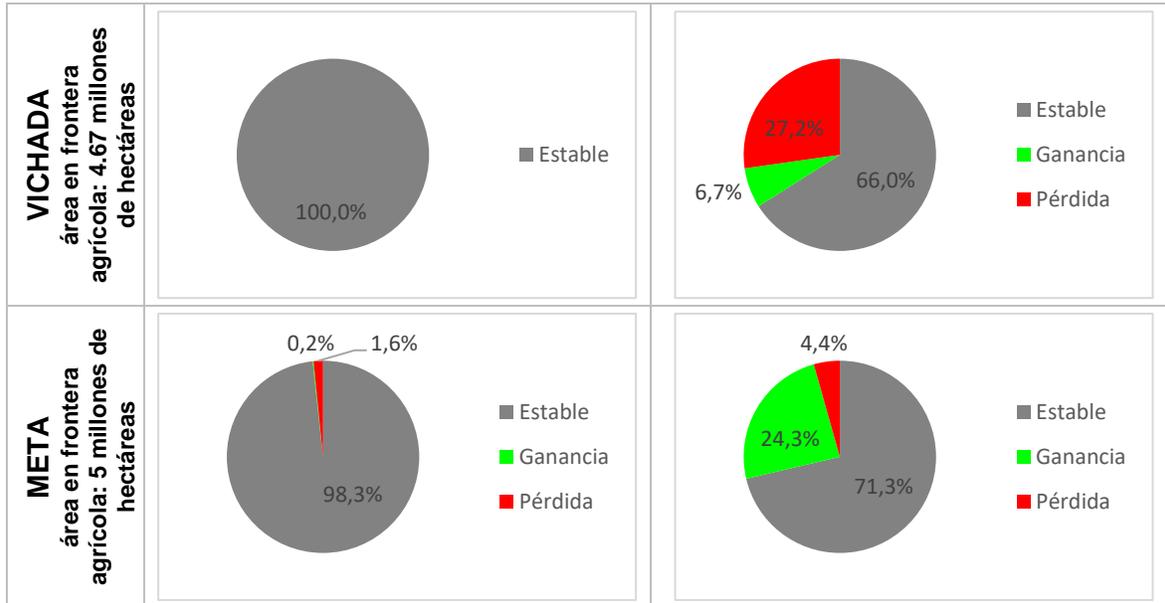
4.11 Cambio de zonas aptas para el cultivo de caucho

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 38 muestra los cambios en las zonas aptas para el cultivo el cultivo de caucho, mientras que la Tabla 35 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **el cultivo de caucho** por temperatura en la Orinoquia tienden a mantenerse estables, mientras que por precipitación hay tendencia a la ganancia en Meta y Casanare, y a la pérdida en Vichada.

Tabla 35. Cifras del cambio de aptitud para el cultivo de caucho.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>99,8% Estable 0,2% Pérdida</p>	<p>94,1% Estable 5,9% Pérdida</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>98,2% Estable 1,6% Ganancia 0,2% Pérdida</p>	<p>57,9% Estable 40,0% Ganancia 2,0% Pérdida</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

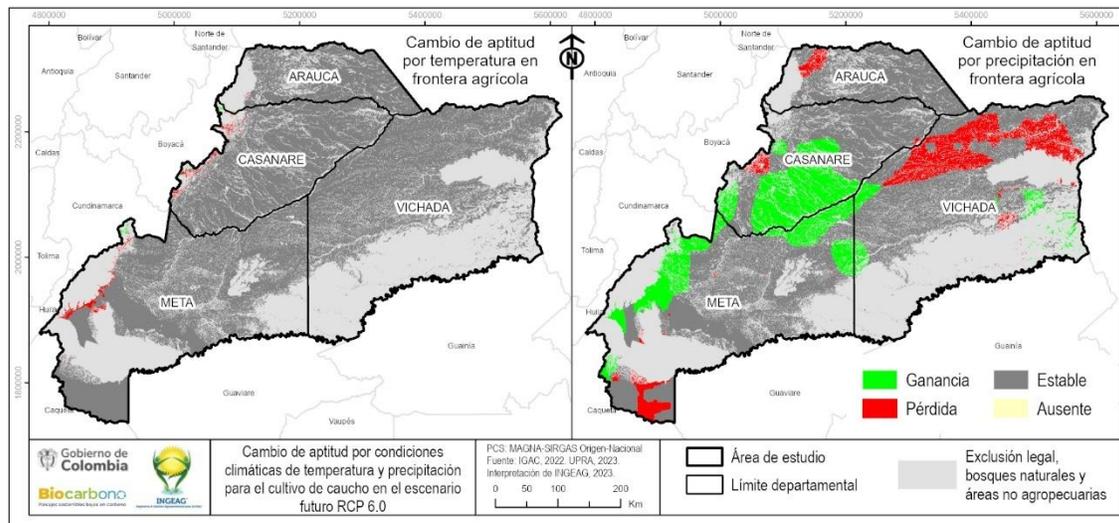


Figura 38. Zonas del cambio de aptitud para el cultivo de caucho.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

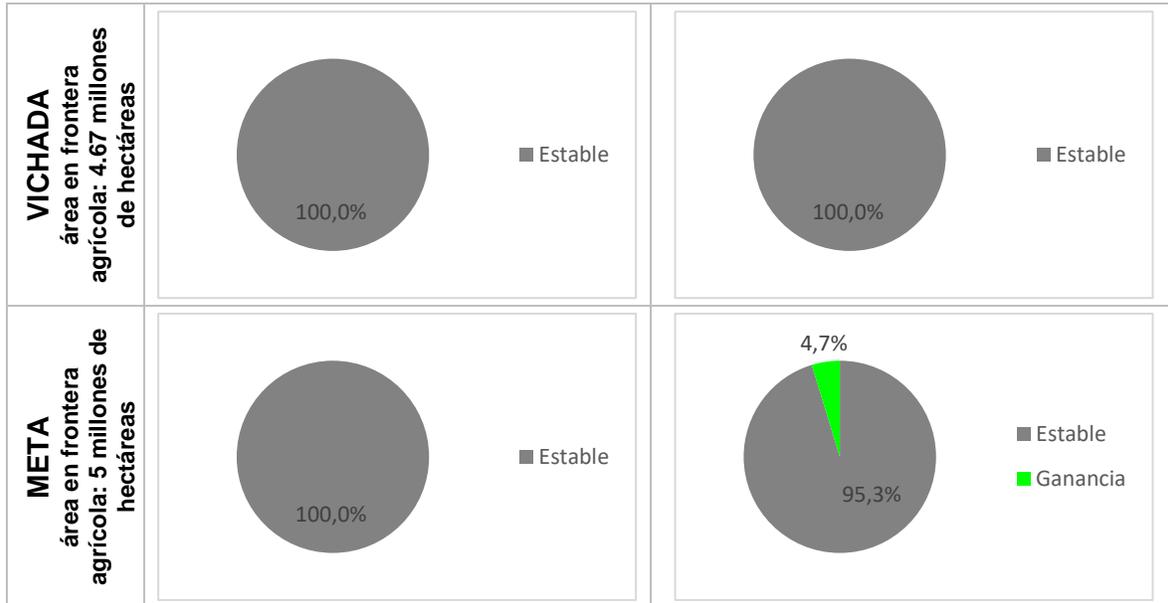
4.12 Cambio de zonas aptas para plantaciones forestales comerciales

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 39 muestra los cambios en las zonas aptas para plantaciones forestales comerciales, mientras que la Tabla 36 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas para **para plantaciones forestales comerciales** por temperatura tienden a mantenerse estables, al igual que por precipitación, con leve tendencia a la ganancia en todos los departamentos.

Tabla 36. Cifras del cambio de aptitud para plantaciones forestales comerciales.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>100,0% Estable</p>	<p>98,9% Estable 1,1% Ganancia</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>100,0% Estable</p>	<p>99,6% Estable 0,4% Ganancia</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

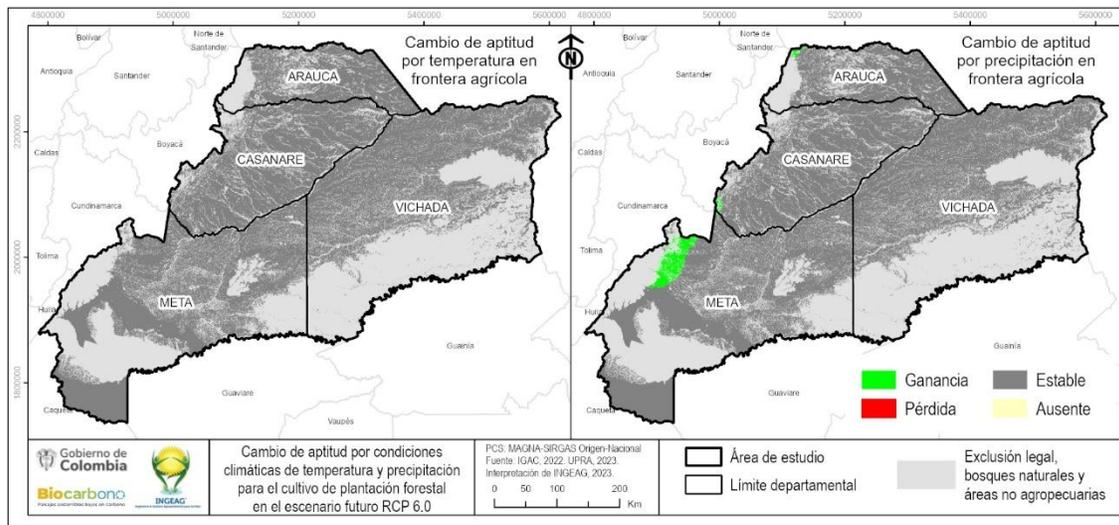


Figura 39. Zonas del cambio de aptitud para plantaciones forestales comerciales.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

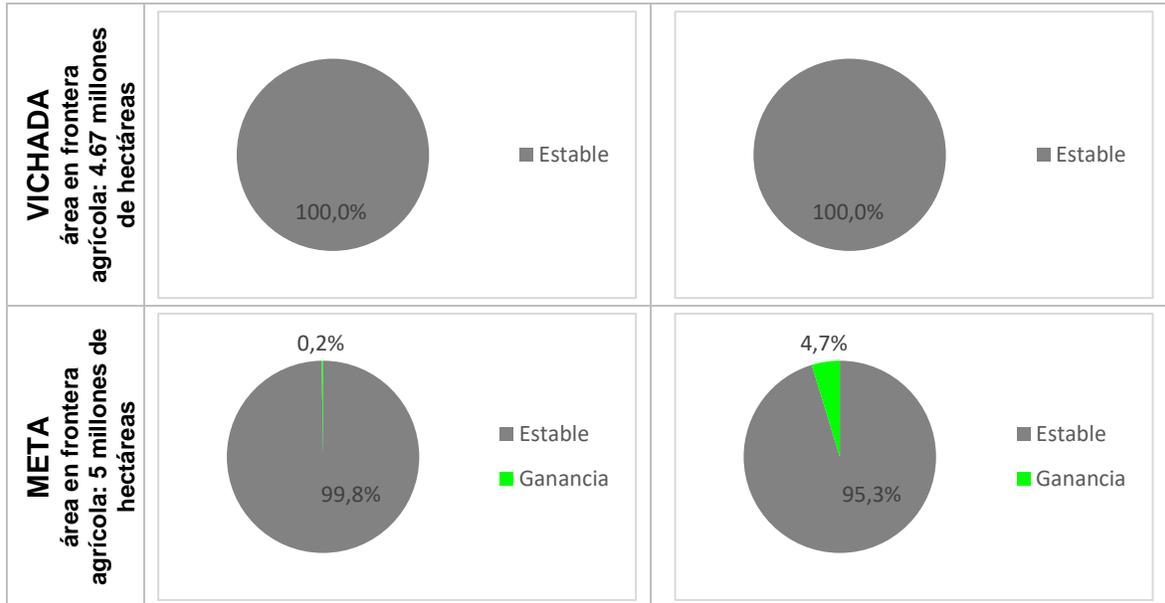
4.13 Cambio de zonas aptas para carne bovina de pastoreo

Con respecto al escenario futuro RCP 6.0, el análisis comparativo de las zonas aptas por la temperatura y precipitación ha permitido presentar las cifras de los cambios de aptitud de la tierra para los cultivos más importantes de la región. La Figura 40 muestra los cambios en las zonas aptas para carne bovina de pastoreo, mientras que la Tabla 37 presenta las cifras del cambio en porcentaje de área para cada departamento de la Orinoquia.

Las zonas aptas por temperatura y precipitación, para **carne bovina de pastoreo**, se mantienen estables en el escenario de cambio climático, salvo para el piedemonte del Meta, en donde se evidencia ganancia de aptitud.

Tabla 37. Cifras del cambio de aptitud para carne bovina de pastoreo.

	Cambio de aptitud por temperatura	Cambio de aptitud por precipitación
ARAUCA área en frontera agrícola: 1.63 millones de hectáreas	<p>100,0% Estable</p>	<p>98,9% Estable 1,1% Ganancia</p>
CASANARE área en frontera agrícola: 3.49 millones de hectáreas	<p>99,2% Estable 0,8% Ganancia</p>	<p>95,3% Estable 4,7% Ganancia</p>



Nota. Elaborado por INGEAG (2023), con base en el análisis del cambio de aptitud de la tierra para cultivos y pasturas, por condiciones climáticas de temperatura y precipitación en el escenario futuro RCP 6.0.

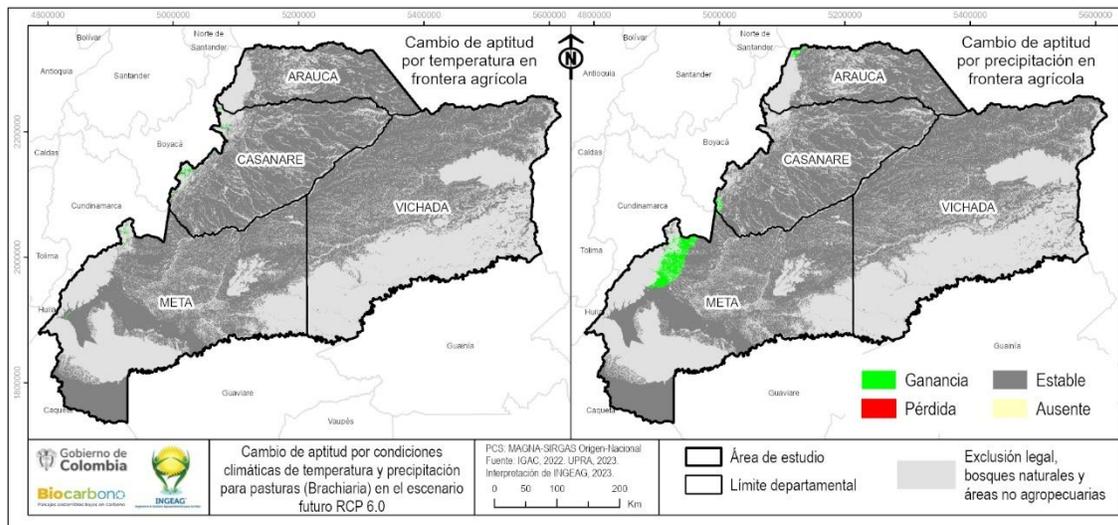


Figura 40. Zonas del cambio de aptitud para carne bovina de pastoreo.

Nota. Base cartográfica IGAC, 2022. Adaptado y elaborado por IGEAG, 2023.

5 Medidas de adaptación frente al cambio de aptitud de las tierras

Acorde con la Ley 1931 del 2018 “*la gestión del cambio climático debe incorporarse como determinante ambiental en los planes de ordenamiento territorial*”. En ese sentido, Minambiente “*identificó las manifestaciones del cambio climático en los ecosistemas y su prestación de servicios, en actividades productivas, en infraestructuras y en general, la forma en que incide en el territorio, que puede llevar a que actores públicos, privados y sociales incurran en gastos no previstos al verse afectados por eventos causados por aumentos en la temperatura o por cambios en la precipitación*”. De igual forma, “*identificó las manifestaciones de cambio climático que pueden significar una oportunidad para el crecimiento económico, el desarrollo social y el manejo responsable y sostenible de los ecosistemas*” (Minambiente, 2018).

La gestión del cambio climático en el ordenamiento territorial se logra mediante la adopción de medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático, que se enfocan en los territorios y se diversifican sectorialmente. Según Minambiente (2022), las medidas de mitigación se ocupan de las causas del cambio climático, mientras que las medidas de adaptación abordan sus impactos.

En este capítulo, se abordan y presentan las medidas de adaptación planteadas en instrumentos de planeación como PRICCO (2018), los PIGCCT definidos en la ley 1931 de 2018 y otros formulados a la fecha para la Orinoquia. Estas medidas se relacionan con acciones para adaptarse al cambio de aptitud de la tierra para las actividades de agricultura y ganadería, considerando que el análisis de este estudio tiene que ver con los impactos del cambio climático sobre el sector AFOLU.

Minambiente (2022) señala que las medidas de adaptación tienen por objeto “*orientar y regular el uso del suelo del distrito o municipio, previendo las oportunidades y afectaciones futuras a causa de los cambios proyectados de temperatura, precipitación y ascenso del nivel del mar*”. Estas medidas buscan favorecer los siguientes aspectos: i) La capacidad de respuesta de los territorios frente a la ocurrencia de fenómenos climáticos, ii) La disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), iii) El incremento de las áreas de

reforestación y restauración, iv) La reducción de la deforestación, v) La prestación servicios ecosistémicos, y vi) El máximo provecho de las oportunidades económicas derivadas del cambio climático.

A nivel nacional, Minambiente plantea una serie de medidas en el componente de adaptación y gestión del riesgo climático, las cuales hacen parte de la caja de herramientas para la acción climática³. En la Tabla 38 se observan algunas medidas nacionales relacionadas con el sector AFOLU y que podrían considerarse para la región Orinoquia.

Tabla 38. Medidas nacionales para la adaptación y riesgo climático en sector AFOLU.

Código	Nombre medida	Objetivo medida
AGR-ADV-49	Análisis de vulnerabilidad de los cultivos	Desarrollar estudios de vulnerabilidad de los cultivos de la región para aumentar su resiliencia y la de los agricultores.
AGR-APU-75	Apicultura	Brindar una alternativa productiva a las comunidades locales cuyas actividades convencionales se vean afectadas en épocas de sequía/inundación o a causa de otros motores de transformación (contaminación, sobre explotación, etc.), con el fin de generar ingresos económicos debido a la producción y comercialización de miel y sus productos derivados.
AGR-BPC-51	Buenas prácticas cafeteras	Aumentar la resiliencia de los cultivos de café ante los posibles impactos del cambio climático, y mejorar las capacidades de los productores para aprovechar las oportunidades que presenta este fenómeno.
AGR-BPG-50	Buenas prácticas ganaderas	Desarrollar un programa de ganadería sostenible, aumentando la aplicación de buenas prácticas silvo-pastoriles en el territorio.
AGR-CAD-64	Concesiones de agua dinámicas	Determinar y poner en marcha concesiones de agua según la variabilidad climática.
AGR-CDC-15	Construcción de casas flotantes	Incentivar la construcción de casas flotantes útiles durante las épocas de inundaciones.
AGR-CDS-35	Conservación de suelos	Implementar medidas de control del uso adecuado del suelo.
AGR-CUC-66	Cátedras universitarias sobre cambio climático y sus efectos	Incorporar en la educación superior cátedras sobre el cambio climático, efectos y medidas de adaptación.

³ Consultado en octubre de 2023 en Minambiente Web site, filtro de búsqueda por componente de cambio climático: adaptación y gestión del riesgo climático. Recuperado de la Url: <https://accionclimatica.minambiente.gov.co/filtro-de-busqueda/>.

AGR-EDP-7	Estrategias de producción y consumo local	Promover estrategias de producción y consumo local
AGR-HBP-52	Herramientas para incentivar las buenas prácticas agrícolas y ganaderas	Crear planes, programas y herramientas para los diversos productores agropecuarios y piscícolas que incentiven a implementar buenas prácticas agrícolas, pecuarias y piscícolas adaptadas al clima del futuro.
AGR-ICI-14	Incorporar el clima en los instrumentos de planificación existentes a nivel local	Planificar el territorio considerando los efectos del cambio climático y sus proyecciones
AGR-IPS-27	Implementación de planes de sequía	Implementar planes de sequía para reducir el riesgo y los impactos económicos, sociales, y ambientales de las sequías
AGR-ISE-22	Implementación de Sistemas de embalses de captación	Reducir la vulnerabilidad ante crecientes y sequías
AGR-MHD-46	Modelación hídrica	Desarrollar un modelo participativo y analítico de la hidrología del territorio, que permita proyectar los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua para los diferentes usos en la cuenca.
AGR-MTR-34	Modernización de las técnicas de regadío	Modernizar las técnicas de regadío para que ayuden a minimizar el consumo de agua
AGR-PCS-32	Protección a los cultivos en época de sequías	Implementar medidas de protección de los cultivos en época de sequía.
AGR-PCU-67	Policultivos	Sembrar variedad de productos de acuerdo a las predicciones climáticas, con diferentes fechas de siembra y de corte.
AGR-RCC-85	Redes de conocimiento comunitario y técnico	Fortalecer la construcción y el intercambio de conocimiento comunitario y técnico, que permitan hacer sostenibles las relaciones entre los ecosistemas, las sociedades y las instituciones, y el desarrollo conjunto de acciones que porten a la adaptación al cambio climático.
AGR-RDC-3	Rotación de cultivos	Fomentar alternativas de producción agrícola a través de la rotación de cultivos.
AGR-SAP-33	Seguros agropecuarios	Establecer programas de seguros agropecuarios
AGR-SRA-30	Sistemas de recolección, almacenamiento y distribución de agua lluvia para riego	Implementar sistemas de recolección de aguas lluvias para aprovecharlos en sistemas de riego de cultivos.

Nota. Consultado por INGEAG (2023), en Web site de Minambiente, en la herramienta de consulta para las medidas de acción climática.

Minagricultura, en el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (2021), plantea medidas integrales en las líneas estratégicas 2. Prácticas agropecuarias sostenibles y 3. Resiliencia del sector agropecuario para enfrentar riesgos por eventos climáticos extremos, para las cuales se han determinados indicadores medibles y metas al año 2030. En la Tabla 39 se observan estas medidas.

Tabla 39. Medidas nacionales para la adaptación y riesgo climático en sector agropecuario.

Medida	Acciones
Mejorar la accesibilidad al agua y hacer un uso eficiente en las UPA	<p>Mejorar la estimación de la demanda hídrica en el sector agropecuario</p> <hr/> <p>Implementar sistemas para la captación, el almacenamiento, la conducción, el uso eficiente, la disposición final y la reutilización del agua</p> <hr/> <p>Aumentar el número de hectáreas que implementen la tecnología AMTEC en arroz</p>
Adoptar prácticas para incrementar la captura y el almacenamiento de carbono y reducir la degradación del suelo	<p>Promover la adopción de prácticas de conservación de suelos provenientes del conocimiento tradicional de mujeres y hombres, así como de propuestas basadas en innovación tecnológica</p> <hr/> <p>Aumentar el área sembrada en frutales (aguacate y mango) con incorporación de leguminosas de cobertura en el cultivo para favorecer la retención de humedad, la fijación de nitrógeno y la captura de carbono</p> <hr/> <p>Promover e impulsar el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (incluyendo caucho, maderables, pulpa, entre otros) dentro de la frontera agropecuaria para contribuir a reducir y mitigar las emisiones de GEI</p> <hr/> <p>Reducir el uso de fertilizantes de síntesis química, en particular los nitrogenados</p> <hr/> <p>Fomentar el desarrollo de cultivos tales como el café y la caña de azúcar y panelera climáticamente sostenibles y bajos en carbono, a partir de la definición y validación de los potenciales de mitigación que serán alcanzados mediante la implementación de los programas NAMA</p>

Aumentar la diversidad biológica de los sistemas productivos agropecuarios para reducir emisiones de GEI, disminuir su vulnerabilidad frente al cambio climático y mejorar la preparación frente al riesgo de desastres	Fortalecer los sistemas locales de semillas para la conservación de la agrobiodiversidad, en línea con la implementación del PNS en aquellas especies priorizadas por las organizaciones en los territorios definidos
	Promover el acceso y uso de variedades agrícolas y razas criollas pecuarias tolerantes a factores bióticos y abióticos extremos
	Establecer sistemas silvopastoriles según particularidades en predios y características del paisaje productivo en el marco de la implementación de la NAMA de ganadería bovina sostenible
Conservar y usar sosteniblemente los ecosistemas que aportan bienes y servicios ambientales fundamentales para la producción agropecuaria	Promover la renovación/rehabilitación y el mantenimiento de sistemas productivos agroforestales de cacao establecidos en zonas aptas según la clasificación de la UPRA
	Adoptar modelos productivos sostenibles bajo criterios agroambientales con enfoque en agricultura familiar y campesina
	Participar en las cadenas de producción que cuenten con acuerdos “cero deforestaciones” (inicialmente aceite de palma, carne bovina, lácteos y madera), en armonía con las acciones planteadas en la Estrategia Integral de Control de la Deforestación y Gestión de los Bosques
Mejorar la preparación ante situaciones de emergencia para estabilizar los medios de subsistencia agropecuarios	Promover el cierre de la frontera agropecuaria definida en la Resolución 261 de 2018 del MADR
	Fortalecer los procesos de ordenación pesquera siguiendo los lineamientos que suministra la Política Integral para el Desarrollo de la Pesca Sostenible en Colombia
	Fortalecer el conocimiento a nivel departamental de las herramientas para la recuperación rápida de los medios de subsistencia agropecuarios bajo distintos contextos tanto alimentarios como de riesgo climático
Fortalecer la recuperación de la actividad agropecuaria después de superar situaciones de emergencia	Implementar la estrategia de recuperación rápida de los medios de subsistencia agropecuarios frente a la ocurrencia de un desastre relacionado con eventos climáticos extremos

Reducir condiciones de riesgo asociadas a la variabilidad climática para evitar y/o reducir pérdidas y daños	Consolidar las mesas técnicas agroclimáticas existentes y ampliar la cobertura departamental
	Diseñar y poner en marcha el SIGRA

Nota. Consultado por INGEAG (2023), en el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (2021).

En los siguientes numerales se hace referencia a medidas de adaptación, o que integran adaptación y mitigación, formuladas particularmente a la región de la Orinoquia.

5.1 Medidas de adaptación en la agricultura de la Orinoquia

El Plan Integral de Cambio Climático para la Orinoquia (PRICCO), es un instrumento marco que recoge los estudios y línea base relevantes en el tema y plantea la hoja de ruta para la región. En cuanto a las medidas propuestas desde el Plan para la línea estratégica agricultura, en el eje político estratégico *EP2. Ruralidad climáticamente inteligente*, se observan las presentadas en la Tabla 40.

Tabla 40. Medidas regionales PRICCO en la línea estrategia agricultura.

Programa	Líneas estratégicas	Medida
P3. Gestión del riesgo climático	LE5. Agricultura	13. Sistemas de alerta agroclimática temprana
		14. Desarrollo de variedades tolerantes a extremos climáticos
P4. Resiliencia a la estacionalidad hídrica	LE 5. Agricultura	17. Sistemas de riego
P5. Paisajes agropecuarios bajos en emisiones	LE5. Agricultura	22. Uso eficiente de fertilizantes
		23. Fomento de plantaciones de cultivos permanentes con alta cantidad de biomasa (caucho, cacao y forestales comerciales)
P6. Territorios Sostenibles Adaptados al Clima	LE5. Agricultura	24. Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC)
		25. Restauración de suelos degradados en zonas agrícolas
		26. Agricultura específica por sitio

Nota. Consultado por INGEAG (2023), en PRICCO (2018).

Por su parte, el PIGCCT Meta (2018) sugiere las medidas expuestas en la Tabla 41. Las medidas son formuladas a manera de estrategias, con metas a corto, mediano y largo plazo, e indicadores para medir el avance en la implementación del plan.

Tabla 41. Medidas regionales PIGCCT Meta en relación con la agricultura.

Estrategia/Nombre de la medida	Dato de actividad (Meta)
Uso eficiente de fertilizantes	Se implementará en 295.771 hectáreas, distribuidas en 221.077 hectáreas en arroz, 44.352 hectáreas en maíz y 30.342 hectáreas en cacao, en los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada
Fomento de plantaciones de cultivos permanentes con alta cantidad de biomasa (caucho, cacao y forestales comerciales)	Se implementará en 34942 ha, distribuidas en 6.825ha en Arauca, 8.474 ha en Casanare, 16.397 ha en Meta y 3.246 en Vichada
Actualización de los lineamientos para el concesionamiento de aguas	La medida se implementará en las Corporaciones Autónomas Regionales (Cormacarena y Corporinoquia) con influencia en la región de la Orinoquía
Desarrollo de variedades tolerantes a extremos climáticos	Se desarrollarán 30 variedades tolerantes a extremos climáticos, distribuidas en los cultivos de arroz, maíz y soya (10 por cada cultivo), las cuales serán llevadas a campo en diferentes municipios de los cuatro departamentos de la región, según las características fisiológicas de las variedades.
Agricultura específica por sitio. AEPS	Esta medida está dirigida a implementarse en, 260.000 ha de palma, 7.883 ha de caucho, y 16.800 ha de cacao, repartidas en los departamentos de Arauca, Casanare, Vichada y Meta.
Restauración de suelos degradados en zonas agrícolas	Se implementarán 193.213 hectáreas, distribuidas en 77.285 en abonos verdes y 115.928 en rotación de cultivos en los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, en especial en zonas con suelos pobres, degradados y sobreexplotados.

Nota. Consultado por INGEAG (2023), en PIGCCT Meta (2018).

5.2 Medidas de adaptación en la ganadería de la Orinoquía

Para la actividad ganadera, el PRICCO igualmente considera las particularidades del territorio y plantea la hoja de ruta de la región. En cuanto a las medidas propuestas desde el Plan para la línea estratégica ganadería, en el eje político

estratégico *EP2. Ruralidad climáticamente inteligente*, se observan las presentadas en la Tabla 42.

Tabla 42. Medidas regionales PRICCO en la línea estrategia agricultura.

Programa	Líneas estratégicas	Medida
P3. Gestión del riesgo climático	LE1. Ganadería	10. Suplementación animal
		11. Mejoramiento genético en bovinos
P4. Resiliencia a la estacionalidad hídrica	LE1. Ganadería	15. Cosecha de agua en fincas ganaderas
		16. Sistemas de abastecimiento de agua en fincas ganaderas
P5. Paisajes agropecuarios bajos en emisiones	LE1. Ganadería	18. Sistemas silvopastoriles
		19. Fomento de pastoreo racional a través de división de potreros y bancos forrajeros
		20. Implementación de actividades de rehabilitación de pasturas introducidas y degradadas

Nota. Consultado por INGEAG (2023), en PRICCO (2018).

Por su parte, el PIGCCT Meta (2018) sugiere las medidas expuestas en la Tabla 43. Las medidas son formuladas a manera de estrategias, con metas a corto, mediano y largo plazo, e indicadores para medir el avance en la implementación del plan.

Tabla 43. Medidas regionales PIGCCT Meta en relación con la agricultura.

Estrategia/Nombre de la medida	Dato de actividad (Meta)
Sistemas silvopastoriles	Se implementarán 88.582 hectáreas en sistemas silvopastoriles de baja intensidad en los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada; y 5.012 hectáreas para sistemas silvopastoriles de mediana intensidad en los departamentos de Arauca, Casanare y Meta.
Implementación de actividades de rehabilitación de pasturas introducidas y degradadas	Se implementarán 59.555 hectáreas, distribuidos en 7.800 hectáreas en Arauca, 23.100 hectáreas en Casanare, 23.235 hectáreas en Meta y 5.420 hectáreas en Vichada.

Fomento de pastoreo racional a través de división de potreros y bancos forrajeros	Se implementarán 55.132 hectáreas en fomento de pastoreo racional a través de división de potreros, distribuidos en 7.821 hectáreas en Arauca, 18.557 hectáreas en Casanare y 28.754 hectáreas en Meta. En bancos forrajeros se intervendrán 1.640 hectáreas, distribuidas en 188 hectáreas en Arauca, 577 hectáreas en Casanare, 488 hectáreas en Meta y 387 hectáreas en Vichada.
Cosecha de agua en fincas ganaderas	La medida se implementará en 5.092 predios distribuidos así: 1.626 predios en Arauca, 1.561 predios en Casanare, 1.575 predios en Meta y 330 predios en Vichada.
Sistemas de abastecimiento de agua en fincas ganaderas	La medida se implementará en 8.632 predios distribuidos en Arauca 1.342 predios, Casanare 4.762 predios, Meta 2.079 predios y Vichada 449 predios, cada predio a intervenir debe tener un área máxima de 200 hectáreas.
Suplementación animal	La medida se implementará en 1.921 predios, distribuidos en Arauca 588 predios intervenidos (209 ceba, 305 doble propósito y 74 predios leche), Casanare 527 predios intervenidos (165 ceba, 242 doble propósito y 124 predios leche), Meta 774 predios intervenidos (156 ceba, 140 doble propósito y 474 predios leche) y Vichada 32 predios intervenidos (2 ceba, 13 doble propósito y 17 predios leche). La cantidad de animales que se mantendrán dentro del sistema de suplementación animal por predio serán de 144 en ceba, 91 en doble propósito y 33 animales en producción lechera.
Mejoramiento genético en bovinos	La medida se implementará en 1.294 predios distribuidos en Arauca 480 predios intervenidos (93 ceba, 239 cría, 102 doble propósito y 46 predios leche), Casanare 439 predios intervenidos (77 ceba, 210 cría, 101 doble propósito y 51 predios leche), Meta 305 predios intervenidos (59 ceba, 152 cría, 63 doble propósito y 31 predios leche) y Vichada 70 predios intervenidos (2 ceba, 38 cría, 13 doble propósito y 17 predios leche), en un lapso de cinco años, aumentando progresivamente 10%, 15%, 20%, 25% y 30% la inclusión de productores, para el cruce genético se proponen toros de las razas Casanareño, San Martinero y Romosinuano, los tres adaptados a las condiciones de las zona y con excelentes parámetros productivos.
Restauración y manejo de suelos degradados en zonas de ladera	Se implementarán 415.466 hectáreas de las cuales corresponden a 172.269 hectáreas en zonas con erosión severa y modera, y 243.197 hectáreas con erosión ligera.

Nota. Consultado por INGEAG (2023), en PIGCCT Meta (2018).

6 Bibliografía

Bobadilla Rodríguez, J. C., & Chaves García, R. A. (2020). *Cadena productiva del marañón con fines de exportación en el departamento de Vichada*.

CIAT & CORMACARENA. 2017. *Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquía*. CIAT publicación No. 438. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

CIAT, Cormacarena, Corporinoquia, ECOPETROL. 2018. *Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquía - Meta, Resumen Ejecutivo*. CIAT publicación No. 460.

DANE (2021). *Caracterización de la actividad ganadera: segundo boletín del ciclo de vacunación del DANE*. Recuperado en octubre del 2023 de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/caracterizacion-ganadera/boletin_2do-ciclo-vacunacion-2021.pdf

FAO, 2010a. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010, términos y definiciones*. Roma. Recuperado en septiembre del 2023 en: <http://www.fao.org/docrep/014/am665s/am665s00.pdf>.

Flórez, A.; Muñoz, C.; Sáenz, B.; Rodríguez, N.; Siachoque, R.; Otero, J.; Páramo, G. [...] y Roldán, J. (2018). *Cultivo comercial de cacao: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA. Recuperado de: <https://upra.gov.co/es-co/Paginas/publicaciones.aspx>.

Flórez, A.; Arévalo, L.; Siachoque, R.; Sáenz, B.; Porras, P.; Lozano, G; Otero, J.; Páramo, G... Villamarín, S. (2018). *Cultivo comercial de caucho: identificación de zonas*

aptas en Colombia, a escala 1:100.000. Bogotá: UPRA. Recuperado de:
<https://upra.gov.co/es-co/Paginas/publicaciones.aspx>.

Fonseca, F.; Aguilar, D.; Siachoque, R.; Urbina, J.; Otero, J.; Páramo, G.; García, E. [...] y Lozano, J. (2018). *Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.

Fonseca Fino, F. (2015). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales Colombia escala 1: 100.000: memoria técnica*. Bogotá: UPRA. Recuperado de:
<https://upra.gov.co/es-co/Paginas/publicaciones.aspx>.

IDEAM, 2019. *Glosario Meteorológico*. Bogotá, Colombia. Recuperado en octubre del 2023 en:
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorológico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>.

IPCC, 2019. *Representative Concentration Pathways (RCPs)*. Recuperado en octubre del 2023 de:
https://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html

García Romero, Ibonne Aydee & Peraza, Ricardo & Pinzón Gutiérrez, Yeimy & Saldaña, Oscar & Alexandra, Yeimy & Saldaña, Santacruz & Martínez, G. & Rubio, García & Castilla, Carlos & Enrique, Carlos. (2013). *Modelo Productivo para el cultivo del árbol de caucho natural en la Orinoquía Zonas de escape y no escape al Mal Suramericano de las Hojas del Caucho*.

García Lozano, J., Baquero Peñuela, J. E., & Romero, M. (2018). *Zonificación y caracterización de las áreas potenciales para el cultivo de soya en los Llanos Orientales de Colombia*.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Agropecuario, Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2017). *Identificación general de la frontera agrícola en Colombia, Bogotá (Colombia)*. MADR, UPRA.

Minagricultura (2021). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario*. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2021.

Minambiente (2022). *Orientaciones para la definición y actualización de las determinantes ambientales por parte de las autoridades ambientales y su incorporación en los planes de ordenamiento territorial / Dirección de Ordenamiento Ambiental Territorial y Coordinación del SINA*. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022.

Pardo Barbosa, O., & Pérez López, O. (2010). *Alternativas forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia*. Bogotá, Colombia: Corpoica.

Pardo, Ó. & Pérez, O. (2010). *Alternativas forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35795>.

Pérez - Arbeláez. E. (1996). *Plantas útiles de Colombia*. Edición fascimular por su centenario. Bogotá: Cargraphics.

Rosero, M. (1992). *El cultivo del arroz de secano manual en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia de Investigación. División producción de cultivos. Sección nacional de Cereales.

Ramírez, R. A. V. (2006). *La producción de soya en la Orinoquia colombiana. Potencialidades y limitantes*. Soya (glycine Max (L.) Merrill) Alternativa Para Los Sistemas de Producción de la Orinoquia Colombiana.

Romám, C. A. & Arango, L. V. (2007). Marañón (*Anacardium occidentale* L.) *tecnologías de producción e industrialización*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13263>.

Siachoque, R., Polo, S., Páramo, G., García, E., Moreno, F., García, L., Gómez, J., ... Lagos, L. (2020). *Producción de carne bovina en pastoreo. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.

Siachoque, R., Cortés, C., Polo, C., Páramo, G., Acosta, C., Torres, F., Gómez, J., ... Velásquez, R. (2022). *Cultivo comercial de café. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA. Recuperado de: <https://upra.gov.co/es-co/Paginas/publicaciones.aspx>.

Siachoque, R.; Cortés, C.; Polo, S.; Páramo, G.; Acosta, C.; Vásquez, J.; García, L.; Gómez, J.; Rodríguez, H.; Cárdenas, C.; Acosta, J.; Zapata, A.; Lagos, L.; Velásquez, M.; Vergara, J. y Gómez, K. (2022). *Producción caprina en pastoreo. Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.

Siachoque, R.; Cortés, C.; Polo, S.; Páramo, G.; Acosta, C.; Vásquez, J.; Gómez, J.; García, L.; Rodríguez, H.; Cárdenas, C.; Acosta, J.; Zapata, A.; Lagos, L.; Velásquez, M. y Vergara, J. (2023). *Producción Ovina. Identificación de Zonas Aptas en Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá, Colombia: UPRA. Recuperado de: <https://upra.gov.co/es-co/Paginas/publicaciones.aspx>.

Siachoque, R., Otero, J., Polo, S., Páramo, G., Martínez, Ó., García, E., ... Enciso, F. (2019). *Cultivo comercial de arroz seco mecanizado. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.00*. Bogotá: UPRA.

Siachoque, R., Otero, J., Páramo, G., García, E., Escobar, C., García, L., Gómez, J., ... Lozano, J. (2020). *Cultivo comercial de piña híbrido MD-2. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.

UPRA (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional. Metodología a escala 1:100.000*. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional.

UPRA (2018). *Frontera agrícola nacional: la cancha del sector agropecuario para el desarrollo rural sostenible*. Recuperado en octubre del 2023 de: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/-Frontera-agr%C3%ADcola-nacional-la-cancha-del-sector-agropecuario-para-el-desarrollo-rural-sostenible.aspx>

UPRA (2016). *Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de palma de aceite en Colombia, a escala 1:100.000*. Bogotá (Colombia): UPRA. Recuperado de: <https://upra.gov.co/es-co/Paginas/publicaciones.aspx>.

UPRA (2022). *Evaluaciones agropecuarias municipales. Resultados*. Bogotá (Colombia): UPRA. Recuperado en septiembre del 2023 de: https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2022.aspx

Vásquez, H.; Saavedra, R.; Saavedra, S. (2012). Pina (*Ananas comosus* L. Merr.). *En Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Gerard Fischer. Bogotá: ProduMedios. p. 776-801.