



El ambiente  
es de todos

Minambiente

# CATÁLOGO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA



Financiado por:



Liderado por:



En alianza con:



**CONDESAN**  
Consejo para el Desarrollo Sostenible  
de la Ecorregión Andina



**IDEAM**  
Instituto de Meteorología,  
Hidrografía y Estudios  
Ambientales



## Puntos Focales Nacionales

Alex José Saer Sake  
Punto Focal Nacional  
Director de Cambio Climático y Gestión de Riesgos  
Ministerio de Ambiente y Desarrollo  
Sostenible (Minambiente)

Ana Celia Salinas  
Punto Focal Técnico  
Subdirectora de Ecosistemas e  
Información Ambiental  
Instituto de Hidrología, Meteorología y  
Estudios Ambientales (Ideam).

## Autores

Paola Andrea Pérez Lora  
Asistente Técnica Nacional

Julio Cesar Álvarez Peña  
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Lorena Sofía Martínez  
Profesional Técnica Local

## Equipo técnico editor AICCA

Miguel Fernando Vera  
Lider Técnico Nacional

Ana Margoth García  
Profesional Agropecuario

María Carolina Obando  
Profesional Técnica Local

Óscar Romero  
Profesional Forestal

Luz Helena Hernández  
Profesional social

## Revisión y aportes

### CONDESAN

Macarena Bustamante  
Coordinadora Regional del Proyecto AICCA

Alexandra Garcés  
Especialista en monitoreo y seguimiento

Ana Carolina Benítez  
Comunicación CONDESAN

### Minambiente

Ana María Ayala  
Equipo editorial y de comunicaciones.

### TDD TALLER DE DISEÑO SAS

Ana Rincón  
Camilo Casasbuenas  
Libardo Fernández  
Cristina Ruiz  
Edgar Blanco  
Susana Laverde  
David León

## CATÁLOGO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO, PARA LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo del “Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en Recursos Hídricos de los Andes (AICCA)”. El proyecto es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM/GEF), implementado por el banco de desarrollo de América Latina (CAF) y ejecutado por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN).

Este material tiene como objetivo dar a conocer a un público general la metodología de selección, priorización, diseño e implementación de las medidas de adaptación al cambio climático, para la cuenca del lago de Tota. Adicionalmente, el material recopila cada una de las fichas de medidas, que se encuentran en proceso de implementación en el marco del proyecto AICCA. Lo anterior con el fin de robustecer y aumentar la capacidad adaptativa de líderes comunitarios, institucionales y en general actores interesados en la temática, a través de la transferencia de conocimiento.

El proyecto AICCA en Colombia es ejecutado en alianza con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

### Cómo citar

**AICCA. 2020. Catálogo de medidas de adaptación al cambio climático, para la cuenca del lago de Tota. Bogotá, D.C. AICCA, GEF, CAF, CONDESAN, Minambiente, Ideam.**

Las publicaciones de CONDESAN contribuyen con información para el desarrollo sostenible de los Andes y son de dominio público. Los lectores están autorizados a citar o reproducir este material en sus propias publicaciones. Se solicita respetar los derechos de autor de los investigadores y CONDESAN y enviar una copia de la publicación en la cual se realizó la cita o publicó el material a nuestras oficinas.

LIMA – PERÚ  
Av. Codornices 253 – Surquillo.  
+511 6189400

QUITO – ECUADOR  
Calle Germán Alemán E12-123  
y Carlos Arroyo del Río.



condesan@condesan.org



www.condesan.org



@CONDESANandes



@\_CONDESAN



@condesanandes

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN — 5

GLOSARIO — 8

Gestión ambiental — 10

APRENDAMOS SOBRE LA CUENCA  
DEL LAGO DE TOTA — 13

PASO A PASO DEL ANÁLISIS  
TERRITORIAL PARA LA  
ADAPTACIÓN AL CAMBIO  
CLIMÁTICO — 18

1. Delimitación de la necesidad de adaptación — 20
  2. Identificación de riesgos climáticos — 37
  3. Definición de las opciones de medidas de adaptación — 41
  4. Identificación de medidas de adaptación existentes y potenciales — 47
  5. Revisión de las opciones de medidas en el contexto de la adaptación — 49
  6. Evaluación de las opciones de medidas de adaptación a través de criterios de efectividad — 50
  7. Evaluación de las opciones de medidas de adaptación a través del componente social — 52
  8. Medidas de adaptación diseñadas e implementadas — 54
- Referencias bibliográficas — 55

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN  
AL CAMBIO CLIMÁTICO  
PARA LA CUENCA DEL  
LAGO DE TOTA — 57

- Implementación de una propuesta de turismo sostenible en la cuenca del Lago de Tota — 58
- Centro de germinación agroforestal para la recuperación y propagación de semillas nativas en la cuenca del Lago de Tota — 68
- Cosecha de Agua Lluvia y riego en la Cuenca del Lago de Tota. — 80
- Jardines de vida: estrategia de medios de vida sostenibles para aumentar la resiliencia, en términos de seguridad alimentaria, en la cuenca del Lago de Tota. — 90
- Red de Monitoreo Fenológico de Aves como bioindicadores de los efectos del Cambio Climático en la Cuenca del Lago de Tota — 100
- Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica con enfoque participativo — 114
- Módulo de producción de fertilizantes orgánicos (Biofertilizantes) en la cuenca del Lago de Tota — 128
- Sistemas productivos apícolas en la cuenca del Lago de Tota — 140

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Ciclo de adaptación bajo el régimen de Cambio Climático de la ONU

Gráfica 2. Esquema del análisis territorial para la adaptación al Cambio Climático con enfoque de género para la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020

Gráfica 3. Evolución de los enfoques para la determinación de las necesidades de adaptación, Füssel 2007

Gráfica 4. Factores climáticos y no climáticos para la identificación de las necesidades de adaptación al CC en la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020

Gráfica 5. Factores climáticos Matriz de decisión como enfoque complejo para la identificación de las necesidades de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución espacial respecto al área de la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020

Tabla 2. Los cuatro caminos de Forzamiento Radiativo (FR) seleccionados por el IPCC para evaluar el comportamiento de la concentración de emisiones GEI en el planeta a 2100, IDEAM 2015

Tabla 3. Análisis climático por subcuenca en las zonas calificadas altas y muy altas, AICCA 2020

Tabla 4. Listado de medidas existentes y potenciales de adaptación al CC, AICCA 2020

Tabla 5. Análisis de las opciones de medidas bajo el contexto de la adaptación al CC, AICCA 2020

Tabla 6. Listado de opciones de medidas de adaptación al CC con Alta prioridad de efectividad, AICCA 2021

Tabla 7. Listado de opciones de medidas de adaptación al CC con Alta prioridad de efectividad y Alta prioridad social, AICCA 2021

Tabla 9. Listado de opciones de medidas de adaptación al CC a diseñar e implementar para el año 3 y 4, AICCA 2021

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de localización cuenca del Lago de Tota escala 1:500.000, AICCA 2020

Mapa 2. Mapa delimitación de la cuenca del Lago de Tota escala 1:25.000, AICCA 2020

Mapa 3. Mapa de zonas susceptibles de adaptación al Cambio Climático, AICCA 2020

Mapa 4. Mapa de sectores de adaptación al CC bajo el área de Actividades Económicas, AICCA 2020

Mapa 5. Mapa de sectores de adaptación al CC bajo el área de Sistemas Naturales, AICCA 2020

Mapa 6. Mapa de sectores de adaptación al CC bajo el área de Salud y Educación, AICCA 2020

# Introducción

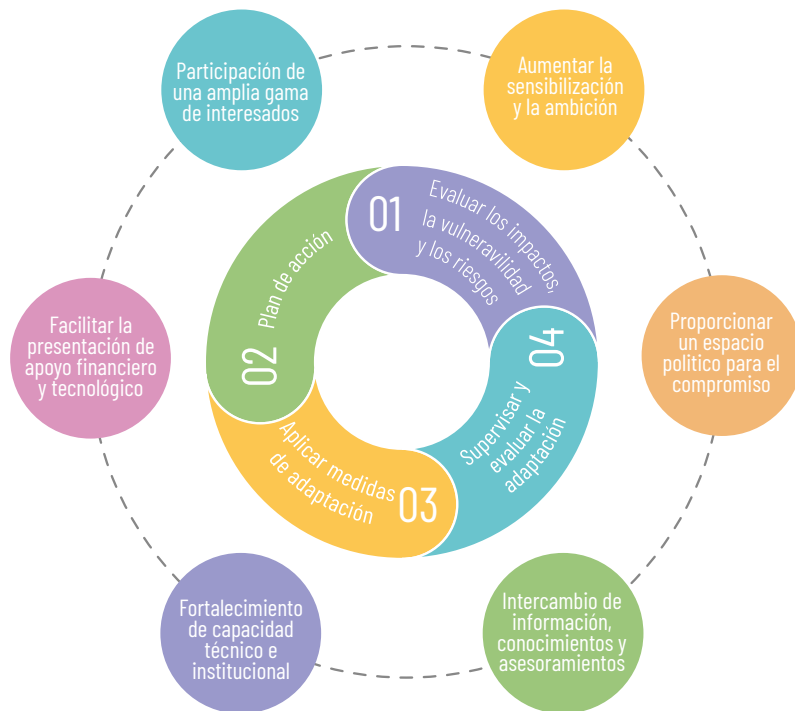
**D**os grandes estrategias fueron planteadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) —en inglés United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)—: la adaptación o reducción de la vulnerabilidad y la mitigación o reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Colombia se adhirió a ellas, con lo cual dio por culminado el proceso de elaboración de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC), un ejercicio liderado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), autoridad científica nacional en materia de Cambio Climático, en coordinación con los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Relaciones Exteriores, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el acompañamiento permanente del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el que participan activamente las instituciones públicas y privadas que lideran la colección de la información relacionada con el Cambio Climático, así como también las acciones sectoriales y territoriales relevantes para la mitigación, la adaptación y la educación del país respecto al tema (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; Cancillería, 2017).

De acuerdo con los “Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático”, se ha concluido que el país en su conjunto estaría afectado por el Cambio Climático; sin embargo, el aumento esperado en la temperatura, así como el comportamiento de las precipitaciones no será el mismo para todas las regiones de Colombia. Esto implica que las medidas para hacer frente a posibles fenómenos extremos deban ser diferentes para cada región del territorio nacional. Si los niveles de emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) aumentan, como es previsible, la temperatura media anual en Colombia podría incrementarse gradualmente para el fin del Siglo XXI (año 2100) en 2.14 °C (Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELLERÍA, 2015) y afectar en múltiples escalas el desarrollo del País.

El análisis de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático identificó que algunas zonas del país tienen una alta vulnerabilidad por sus características físicas, geográficas, económicas, sociales y de biodiversidad. De ahí que sea sumamente importante comprender las consecuencias que denotan los cambios en las dinámicas del clima, y

se evalúen las amenazas sobre las comunidades vulnerables, se prevean los impactos sobre los territorios, ecosistemas y economías para moderar los daños potenciales, se tome ventaja de las oportunidades y se enfrente las consecuencias y el impacto de un fenómeno como el Cambio Climático (UNFCCC, 2020). En este sentido es de resaltar, por ejemplo, las pérdidas económicas, humanas y ambientales que dejó *El fenómeno de la Niña 2010-2011*, que evidenció la alta vulnerabilidad de Colombia y la falta de estrategias de adaptación como respuesta al cambio del clima y a los eventos climáticos extremos, lo que llevó a la creación del Fondo de Adaptación y a la formulación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) (DNP, s.f).

La adaptación es definida como el ajuste en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos y sus efectos o impactos (IPCC, 2014). Estos ajustes pueden ser dinámicos y es posible optar por soluciones amplias que integren los aspectos cruciales que conforman el riesgo climático. El ciclo de adaptación bajo el régimen de Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), incluye cuatro componentes generales, que se presentan en la gráfica 1.



Gráfica 1. Ciclo de adaptación bajo el régimen de Cambio Climático de la ONU

Finalmente y conforme a lo establecido en el proyecto para Colombia “Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los recursos hídricos de los Andes (AICCA)”, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM, su sigla en inglés es GEF), liderado por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y ejecutado por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), que se viene implementando en la cuenca del Lago de Tota en el departamento de Boyacá con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); se busca promover la adaptación al Cambio Climático, considerada esta como una serie de medidas de adaptación o ajustes en los sistemas naturales, humanos, productivos y de infraestructura estratégica, frente a estímulos climáticos proyectados específicamente en la cuenca del Lago de Tota —zona de recarga hídrica de importancia nacional—, en la cual, y a partir del entendimiento de los efectos climáticos que la impactan, se identificaron las medidas de adaptación más eficaces para la creación de estrategias robustas que sean replicables en otros ecosistemas de alta montaña. El presente documento describe la identificación metodológica de medidas de adaptación frente al Cambio Climático (CC) en la cuenca del Lago de Tota.



# Glosario

## Adaptación

El IPCC define la adaptación como aquellas iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un Cambio Climático. Existen diferentes tipos de adaptación; por ejemplo: preventiva y reactiva, privada y pública, y autónoma y planificada. Algunos ejemplos de adaptación son la construcción de diques fluviales o costeros, la sustitución de plantas sensibles al choque térmico por otras más resistentes, etc.

## Adaptación basada en comunidades

Es un abordaje que busca aumentar la capacidad de adaptación de las comunidades más vulnerables a los impactos del Cambio Climático. Las comunidades más vulnerables son aquellas que son afectadas más fuertemente por los impactos del clima dada su ubicación espacial y su condición propia de incapacidad de adelantar acciones preventivas y adaptarse y recuperarse en corto tiempo a los embates de la variabilidad climática y de los eventos extremos sobre sus

medios de subsistencia y las condiciones de su entorno para preservar sus vidas. Se trata de procesos liderados por comunidades y que se sustentan a partir de las prioridades, necesidades, conocimientos y capacidades locales, los cuales buscan empoderar a las comunidades para enfrentarse con los impactos del Cambio Climático a corto y largo plazo (Modificado de Reid H. et al., 2010).

## Adaptación basada en ecosistemas

La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) es definida como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas con los efectos adversos del Cambio Climático. La AbE integra el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas para proveer servicios que permiten a las personas adaptarse a los impactos del Cambio Climático. Su propósito es mantener y aumentar la capacidad de adaptación y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas (A. Lhumeau et al., 2012).

## Adaptación a través de obras de infraestructura

Es un abordaje que busca aumentar la capacidad de adaptación de las obras de infraestructura que juegan un papel determinante en el desarrollo económico. Consiste en modificar el proceso de diseño de las estructuras teniendo en cuenta periodos de retorno más amplios y los escenarios de riesgo que se deriven de éstos (DNP, 2011).

## Amenaza

Es un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, o también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Ley 1523 de 2012).

## Cambio Climático

Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El Cambio Climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras (Ley 1523 de 2012).

## Capacidad de adaptación

Capacidad de un sistema y de sus partes de anticipar, absorber, acomodar o recuperarse de los efectos de un disturbio de una forma oportuna y eficiente. Esto incluye la capacidad para preservar, restaurar y mejorar sus funciones y estructuras básicas.

## Costos de adaptación

De acuerdo con el IPCC, son los vinculados a la planificación, preparación, facilitación y aplicación de medidas de adaptación, incluidos los costos del proceso de transición.

## Desarrollo sostenible

Según el Tesoro Ambiental para Colombia, es el desarrollo que satisface las necesidades de la presente generación, promueve el desarrollo económico, la equidad social, la modificación constructiva de los ecosistemas y el mantenimiento de la base de los recursos naturales, sin deteriorar el medio ambiente y sin afectar el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para satisfacer sus propias necesidades.

## Desastre

Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, una alteración grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Ley 1523 de 2012).

## Exposición

Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza (Ley 1523 de 2012).

## GEI

Según el IPCC, los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y remiten radiación infrarroja. Debido al aumento histórico en las concentraciones

de estos gases, el clima terrestre sufre un ajuste que se manifiesta en un aumento en la temperatura promedio global, esta temperatura, según el Panel Intergubernamental de Expertos de Cambio Climático (IPCC), ha tenido en los últimos 50 años un aumento de 0,13 °C por década en promedio con un aumento promedio total de 0,76 °C desde la era preindustrial hasta el momento (IPCC, 2007).

## Gestión ambiental

Se refiere a las acciones que, en forma consciente y dirigida a propósitos definidos, realiza la sociedad para administrar los recursos naturales, renovables o no. Esto implica conservar, recuperar, mejorar, proteger o utilizar moderadamente los recursos naturales; orientar los procesos culturales al logro de sostenibilidad; ocupar y transformar el territorio de manera racional y sostenible; y revertir los efectos del deterioro y la contaminación sobre la calidad de vida, el estado de los ecosistemas, y la actividad económica.

## Gestión del Cambio Climático

Tiene por objeto coordinar las acciones del Estado, los sectores productivos y la sociedad civil en el territorio mediante acciones de mitigación, que busquen redu-

cir su contribución al Cambio Climático; y de adaptación, que le permitan enfrentar los retos actuales y futuros asociados a la mayor variabilidad climática, reducir la vulnerabilidad de la población y la economía ante ésta, promover un mayor conocimiento sobre los impactos del Cambio Climático e incorporarlo en la planificación del desarrollo.

## Gestión del riesgo

Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia de este, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción.

Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Ley 1523 de 2012).

## Impactos (climáticos)

Consecuencias del Cambio Climático en sistemas humanos y naturales. Técnica-mente, es la alteración de la línea de base, debido a la acción humana o a eventos naturales.

## Mitigación

Según el IPCC, la mitigación son todos los cambios y reemplazos tecnológicos que reducen el insumo de recursos y las emisiones por unidad de producción. Aunque hay varias políticas sociales, económicas y tecnológicas que reducirían las emisiones, la mitigación, referida al Cambio Climático, es la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a potenciar los sumideros.

## Mitigación del riesgo

Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

## Riesgo

La Unidad Nacional de Gestión del Riesgo define el riesgo como la probabilidad de ocurrencia de unas consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Ley 1523 de 2012).

## Riesgo climático

Se entiende como el riesgo asociado con amenazas de origen hidrometeorológico. Este tipo de riesgo se debe evaluar, entre otros, para escenarios de Cambio Climático.

## Sensibilidad

Predisposición física del ser humano, la infraestructura o el medio ambiente de ser afectados por una amenaza debido a las condiciones de contexto e intrínsecas que potencian el efecto de la amenaza.

## Variabilidad climática

Según el IPCC, el concepto de variabilidad climática denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural.

## Vulnerabilidad

Según el IPCC, esta es la susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del Cambio Climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos.

# Aprendamos sobre la cuenca del Lago de Tota

La cuenca del Lago de Tota se localiza a los 72° 54' 50,1" W y 5° 32' 5,8" N aproximadamente. Cuenta con un área de 22.524,4 ha (225,24 km<sup>2</sup>) a escala 1:25.000, se encuentra localizada en los municipios de Aquitania con el 61,4% de área en la cuenca; Tota con el 21,3% de área en la cuenca; Cúitiva con el 9,0% de área en la cuenca; y Sogamoso con el 8,3% de área en la cuenca, todos pertenecientes al departamento de Boyacá. El municipio con mayor área en la cuenca es Aquitania, seguido por Tota y Cúitiva, la importancia del municipio de Sogamoso reviste en que se abastece de agua para sus actividades domésticas, productivas e industriales, aunque sea el de menor área dentro de la cuenca.

La zonificación hidrográfica<sup>1</sup> de la cuenca del Lago de Tota la clasifica como subzona hidrográfica (código 3516), con 225,6 km<sup>2</sup> a escala 1:500.000. Abastece de agua a la subzona hidrográfica del Río Upía, que a la vez abastece la zona hidrográfica del Río Meta, perteneciente al Área Hidrográfica del Orinoco. La cuenca del Lago de Tota colinda al norte y occidente con la subzona hidrográfica del río Chicamocha (área hidrográfica Magdalena-Cauca), al oriente con la subzona hidrográfica del río Cusiana (área hidrográfica Orinoco) y al sur con la subzona hidrográfica del río Upía (área hidrográfica Orinoco). Ver mapa 1.

La cuenca del Lago de Tota se define como una cuenca endorreica, es decir, que no posee ninguna salida natural o desemboca en lagos. La cuenca está conformada por 27 subcuencas (unidades hidrográficas de nivel I) a escala 1:25.000; un lago denominado "Lago de Tota" cuya característica principal es la de ser el de mayor extensión de alta montaña en el país y el segundo en Suramérica.

1 Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. IDEAM, noviembre 2013

Con base en los resultados obtenidos por la topo batimetría (IDEAM y AICCA, 2020), el lago cuenta con una superficie aproximada de 5.515 ha (55,15 km<sup>2</sup>), correspondiente al 24 % de la cuenca y un volumen de almacenamiento aproximado de 1.854,8 millones de metros cúbicos para la cota 3.015 m.s.n.m. de altitud a la que se encuentra el lago aproximadamente. Cuenta con 12 km de largo, 7 km de ancho, un perímetro de 54,6 km y una profundidad máxima de 63,4 m. Según Resolución 1786 de 2012 (Corpoboyacá), la cota máxima de inundación establecida es de 3.015,65 m.s.n.m. y 30 m de ronda hídrica de protección.

El Lago cuenta con un complejo insular compuesto por 4 islas destacándose la isla San Pedro de 47 ha de extensión. Se encuentra rodeado por los páramos de *Las Alfombras*, *Suse*, *Hirva*, *Tobal*, *Curíes*, *Pozos* y *hatolaguna*, entre otros. El mapa 2 representa la delimitación de la cuenca del Lago de Tota, mientras que la tabla 1 indica la distribución espacial respecto al área de esta.

El Lago de Tota es la reserva del 13,55% del agua a nivel nacional y es una de las principales cuencas hidrográficas en la región; sus características son de gran valor ambiental y económico a nivel regional y nacional, pues representa el abastecimiento de agua para consumo humano de 250.000 habitantes aproximadamente, el 20% del total de la población del departamento de Boyacá (DANE 2013), y permite el cultivo de aproximadamente 2.500 ha de cebolla en rama (MADS, 2013).

Las subcuencas *río Tobal*, quebrada *Las Cintas* (Hato Laguna) y *río Olarte* se caracterizan por ser las de mayor extensión con 31,6 km<sup>2</sup>, 31,1 km<sup>2</sup> y 25,7 km<sup>2</sup>, respectivamente y a su vez son las de mayor aporte de caudal (oferta hídrica total superficial simulada promedio multianual 1990-2018) con aproximadamente 678 l/s, 492 l/s y 425 l/s, respectivamente.





La cuenca se encuentra rodeada en su parte alta por el complejo de páramos *Tota - Bijagual – Mamapacha* con una extensión de 12.944 ha (57% de la cuenca) según CONPES 3801.

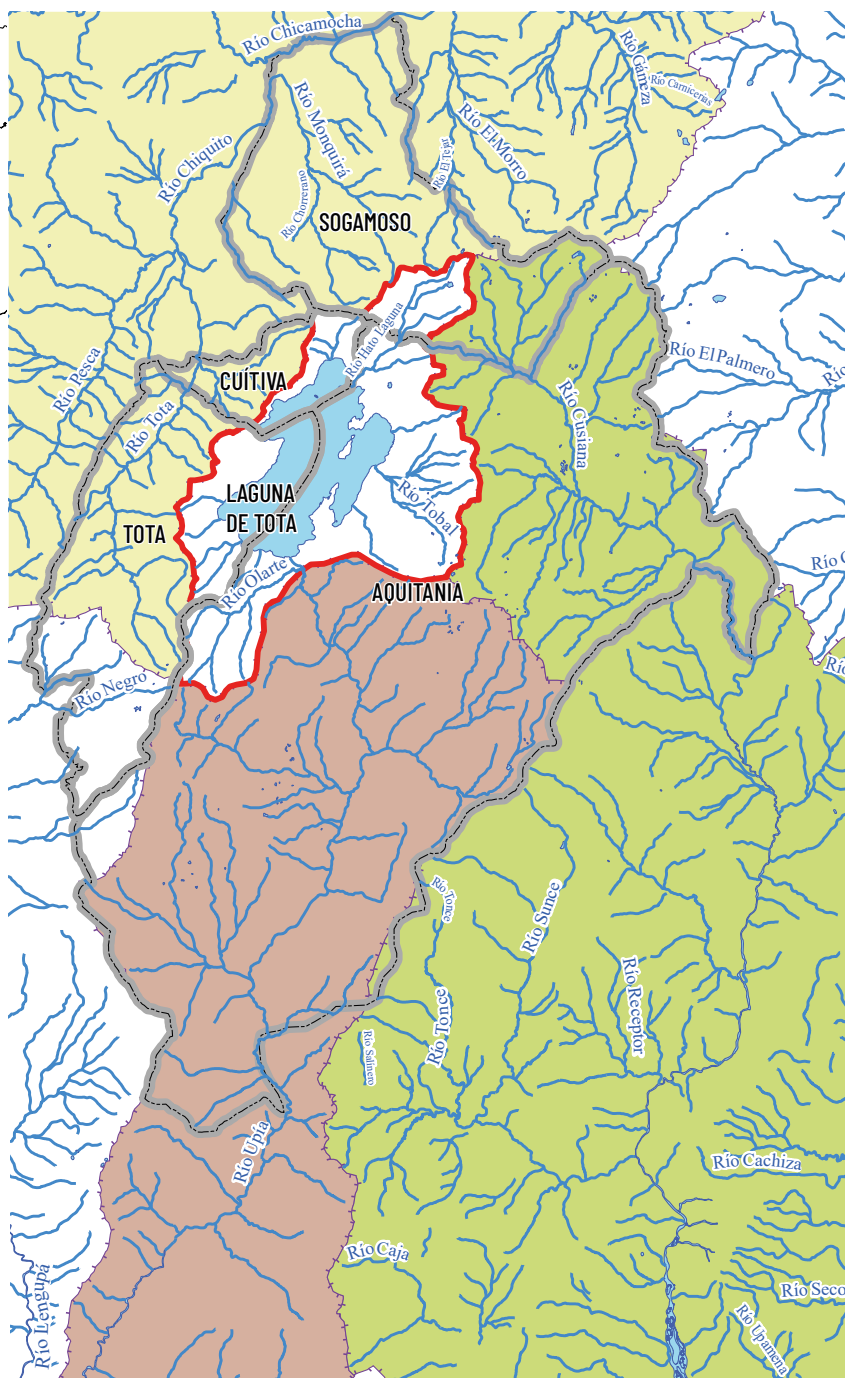


**SUBZONA  
HIDROGRÁFICA**

-  SzH Río Chicamocha
-  SzH Río Cusiana
-  SzH Río Upía

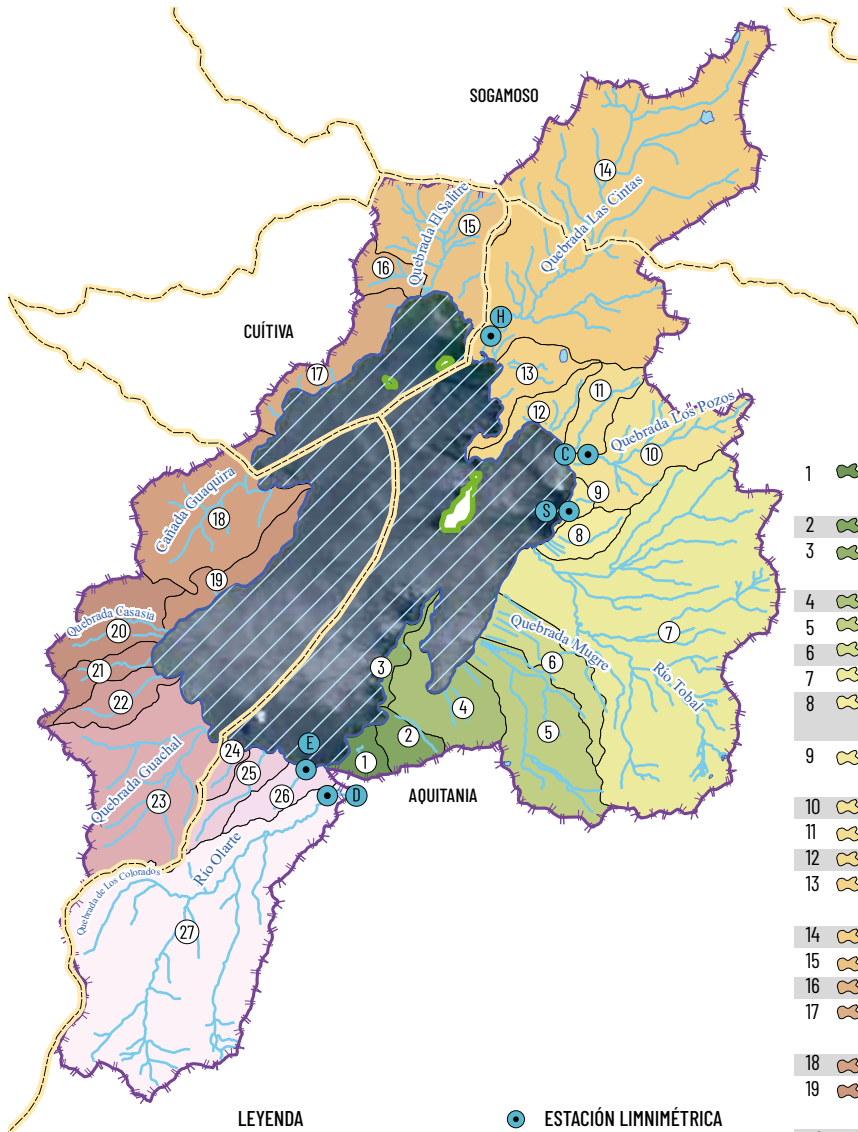
**LEYENDA**

-  Cuenca Lago de Tota
-  Drenajes
-  Lagunas
-  Límite municipal



Mapa 1. Mapa de localización cuenca del Lago de Tota escala 1:500.000, AICCA 2020





**NIVEL 1 UNIDADES HIDROGRÁFICAS,  
NOMBRE NIVEL 1 U.H.**

- |    |  |        |  |
|----|--|--------|--|
| 1  |  | 351601 | Directos Lago de Tota Sur - Aquitania                      |
| 2  |  | 351602 | Quebrada Ajies   |
| 3  |  | 351603 | Directos Lago de Tota Península de Aquitania               |
| 4  |  | 351604 | Cañada Los Lamos   |
| 5  |  | 351605 | Quebrada Aguablanca  |
| 6  |  | 351606 | Quebrada Mugre   |
| 7  |  | 351607 | Río Tobal  |
| 8  |  | 351608 | Directos Lago de Tota entre Río Tobal y Quebrada Los Pozos |
| 9  |  | 351609 | Directos Lago de Tota Este - Aquitania                     |
| 10 |  | 351610 | Quebrada Los Pozos   |
| 11 |  | 351611 | Quebrada Los Corales                                       |
| 12 |  | 351612 | Quebrada Salvia  |
| 13 |  | 351613 | Directos Lago de Tota entre Quebradas Salvia y Las Cintas  |
| 14 |  | 351614 | Quebrada Las Cintas  |
| 15 |  | 351615 | Quebrada El Salitre  |
| 16 |  | 351616 | Quebrada Los Rico  |
| 17 |  | 351617 | Directos Lago de Tota Oeste - Cuitiva                      |
| 18 |  | 351618 | Cañada Guaquira  |
| 19 |  | 351619 | Directos Lago de Tota Oeste - Tota                         |
| 20 |  | 351620 | Quebrada Casasia   |
| 21 |  | 351621 | Quebrada Donsiquira  |
| 22 |  | 351622 | Quebrada Arrayanes   |
| 23 |  | 351623 | Quebrada Guachal   |
| 24 |  | 351624 | Quebrada Zapatero  |
| 25 |  | 351625 | Quebrada Hato Viejo  |
| 26 |  | 351626 | Zanjón San Antonio   |
| 27 |  | 351627 | Río Olarte   |

**LEYENDA**

- Drenajes
- Lagunas
- Límite municipal
- Islas
- Lago de Tota
- Subcuencas
- Cuenca Lago de Tota

**ESTACIÓN LIMNIMÉTRICA**

- Hato Laguna [35097030]
- Criadero [35097050]
- Sta Ines [35097260]
- Escaleras [35097070]
- Desaguadero [35097010]

Mapa 2. Mapa delimitación de la cuenca del Lago de Tota escala 1:25.000, AICCA 2020

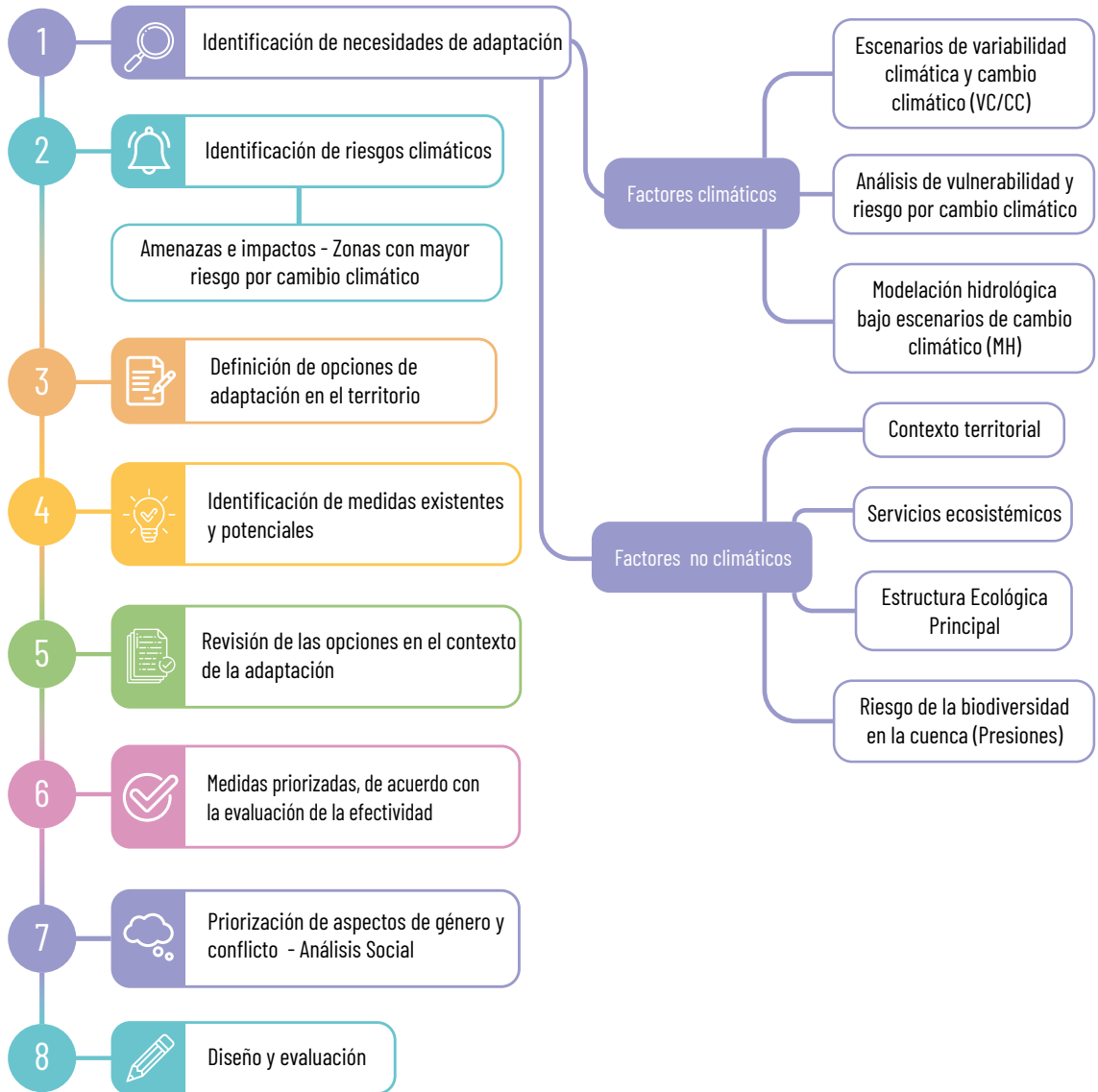
| OBJETO ESPACIAL | CÓDIGO | NOMBRE GEOGRÁFICO  | ÁREA (ha) | ÁREA (km2) | PORCENTAJE |
|-----------------|--------|--|-----------|------------|------------|
| Cuenca          | 3516   | Lago de Tota   | 22.524,4  | 225,24     | 100%       |
| Subcuenca       | 351601 | Directos Lago de Tota Sur - Aquitania                      | 104,0     | 1,04       | 0,46%      |
|                 | 351602 | Quebrada Aijes   | 142,5     | 1,42       | 0,63%      |
|                 | 351603 | Directos Lago de Tota Península de Aquitania               | 76,4      | 0,76       | 0,34%      |
|                 | 351604 | Cañada Los Lamos   | 465,3     | 4,65       | 2,07%      |
|                 | 351605 | Quebrada Aguablanca  | 756,8     | 7,57       | 3,36%      |
|                 | 351606 | Quebrada Mugre   | 344,8     | 3,45       | 1,53%      |
|                 | 351607 | Río Tobal  | 3.159,9   | 31,60      | 14,03%     |
|                 | 351608 | Directos Lago de Tota entre Río Tobal y Quebrada Los Pozos | 165,8     | 1,66       | 0,74%      |
|                 | 351609 | Directos Lago de Tota Este - Aquitania                     | 54,0      | 0,54       | 0,24%      |
|                 | 351610 | Quebrada Los Pozos   | 661,4     | 6,61       | 2,94%      |
|                 | 351611 | Quebrada Los Corales                                       | 222,8     | 2,23       | 0,99%      |
|                 | 351612 | Quebrada Salvia  | 210,9     | 2,11       | 0,94%      |
|                 | 351613 | Directos Lago de Tota entre Quebradas Salvia y Las Cintas  | 273,4     | 2,73       | 1,21%      |
|                 | 351614 | Quebrada Las Cintas  | 3.111,2   | 31,11      | 13,81%     |
|                 | 351615 | Quebrada El Salitre  | 734,5     | 7,34       | 3,26%      |
|                 | 351616 | Quebrada Los Rico  | 147,6     | 1,48       | 0,66%      |
|                 | 351617 | Directos Lago de Tota Oeste - Cuitiva                      | 336,2     | 3,36       | 1,49%      |
|                 | 351618 | Cañada Guaquira  | 836,3     | 8,36       | 3,71%      |
|                 | 351619 | Directos Lago de Tota Oeste - Tota                         | 266,0     | 2,66       | 1,18%      |
|                 | 351620 | Quebrada Casasia   | 477,2     | 4,77       | 2,12%      |
|                 | 351621 | Quebrada Donsiquira  | 169,7     | 1,70       | 0,75%      |
|                 | 351622 | Quebrada Arrayanes   | 209,1     | 2,09       | 0,93%      |
|                 | 351623 | Quebrada Guachal   | 1.072,1   | 10,72      | 4,76%      |
|                 | 351624 | Quebrada Zapatero  | 83,9      | 0,84       | 0,37%      |
|                 | 351625 | Quebrada Hato Viejo  | 196,9     | 1,97       | 0,87%      |
|                 | 351626 | Zanjón San Antonio   | 178,2     | 1,78       | 0,79%      |
|                 | 351627 | Río Olarte   | 2.566,6   | 25,67      | 11,39%     |
| Lago            | N/A    | Tota   | 5.504,3   | 55,04      | 24,44%     |
| Isla            | N/A    | San Pedro  | 47,0      | 0,47       | 0,21%      |
|                 | N/A    | Santa Helena   | 4,9       | 0,05       | 0,02%      |
|                 | N/A    | Santo Domingo  | 1,6       | 0,02       | 0,01%      |
|                 | N/A    | Cerro Chiquito   | 3,0       | 0,03       | 0,01%      |

Tabla 1. Distribución espacial respecto al área de la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020

# Paso a paso del análisis territorial para la adaptación al Cambio Climático

**E**l análisis territorial para la adaptación al Cambio Climático con enfoque de género consiste en el “Estudio multivariable de factores climáticos y no climáticos (servicios eco sistémicos, estructura ecológica principal, presiones en la cuenca, escenarios de Cambio Climático, modelación hidrológica bajo escenarios de riesgo por Cambio Climático, indicadores socioeconómicos), permite la identificación e implementación de medidas de adaptación para la reducción de las vulnerabilidades identificadas en el territorio y el incremento de su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del Cambio Climático, aumentando así, la resiliencia territorial eliminando las asimetrías e inequidades que se producen entre las personas de acuerdo con su género” (AICCA, 2020).

En la gráfica 2, se representa el esquema (paso a paso) para el desarrollo del análisis territorial que permita la identificación de un catálogo de opciones y medidas de adaptación al Cambio Climático con la priorización en aspectos de género y conflictos sociales para la cuenca del Lago de Tota.

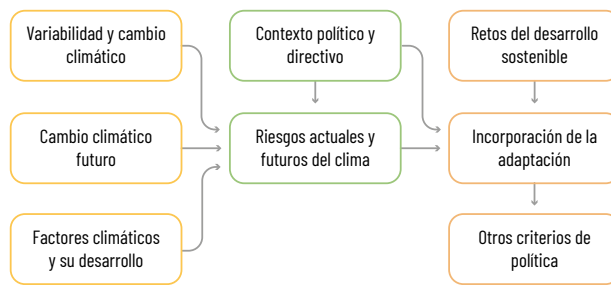


Gráfica 2. Esquema del análisis territorial para la adaptación al Cambio Climático con enfoque de género para la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020

A continuación, se describe el desarrollo del paso a paso (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

# 1. Delimitación de la necesidad de adaptación

La comprensión de los efectos del clima y las implicaciones del problema climático en la política han generado una evolución en el enfoque de la política internacional sobre el tema; la vulnerabilidad y evaluación de la adaptación, el desarrollo de una teoría más sofisticada sobre esta y una gama más amplia de enfoques metodológicos propuestos en las directrices para la *evaluación de la adaptación* (Burton et al., 2002; Füssel, 2004; Carter et al., 2007). La gráfica 3 muestra la forma como deben evaluarse las necesidades de la adaptación bajo un enfoque integrador complejo.



Gráfica 3. Evolución de los enfoques para la determinación de las necesidades de adaptación, Füssel 2007

El enfoque integrador complejo presenta una descripción completa de los riesgos relacionados con el clima, actual y futuro, teniendo en cuenta el cambio climático futuro, junto con la variabilidad climática actual y factores no climáticos. La evaluación de los riesgos se realiza con base en la experiencia de la gestión de los riesgos climáticos del pasado.

Las recomendaciones para la adaptación están determinadas no sólo por su potencial para reducir los riesgos climáticos actuales y futuros, sino también por su sinergia con otros objetivos de política. Por ejemplo, objetivos de desarrollo sostenible. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2017).

Para determinar cuáles son las necesidades de adaptación de la cuenca del Lago de Tota, se tomó la metodología de enfoque integrador complejo, que permite una sinergia con objetivos de desarrollo sostenible para el territorio. Dicho enfoque contempló los resultados de los factores climáticos y no climáticos que se enlistan a continuación, obtenidos por el grupo de profesionales del proyecto AICCA con el apoyo de los profesionales del Ideam.

## Climáticos

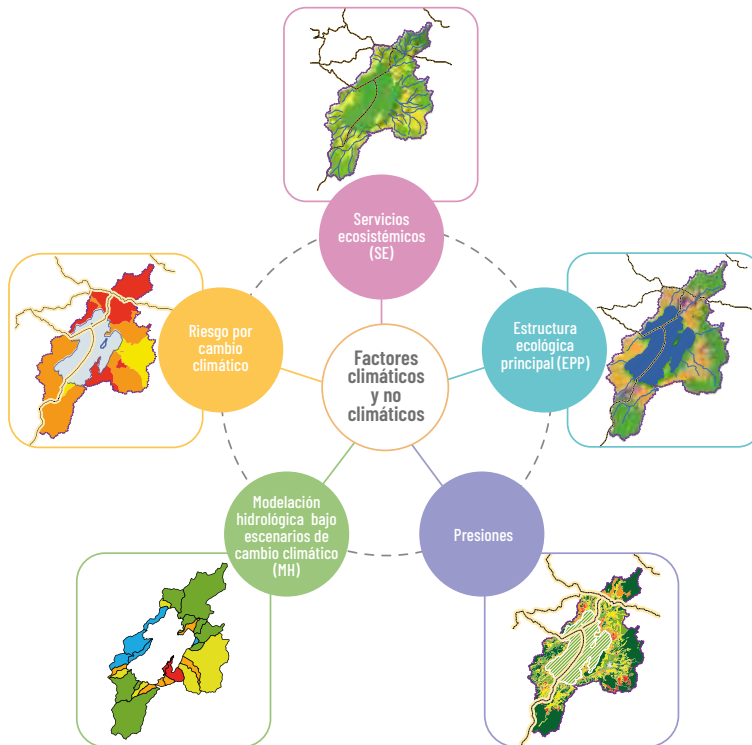
- \* Escenarios de Variabilidad Climática y Cambio Climático (VC/CC).
- \* Análisis de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático.
- \* Modelación hidrológica bajo escenarios de Cambio Climático (MH)

**No climáticos**

- \* Servicios ecosistémicos (SE)
- \* Estructura Ecológica Principal de la cuenca (EEP).
- \* Riesgo de la biodiversidad en la cuenca (Presiones).
- \* Contexto territorial

Considerando las características de la información generada por el proyecto, el alcance y enfoque de este, el equipo técnico decidió tomar como base de análisis las 27 subcuencas de la cuenca del Lago de Tota.

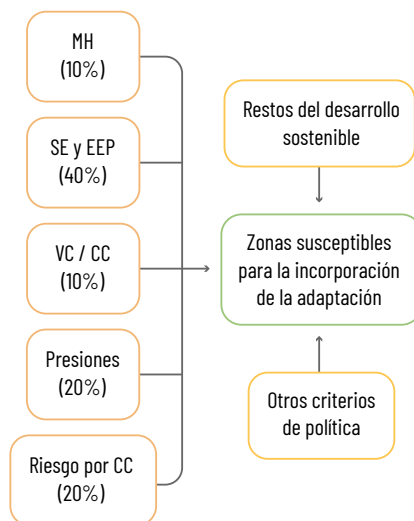
La gráfica 4 representa espacialmente los factores climáticos y no climáticos para la identificación de las necesidades de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota.



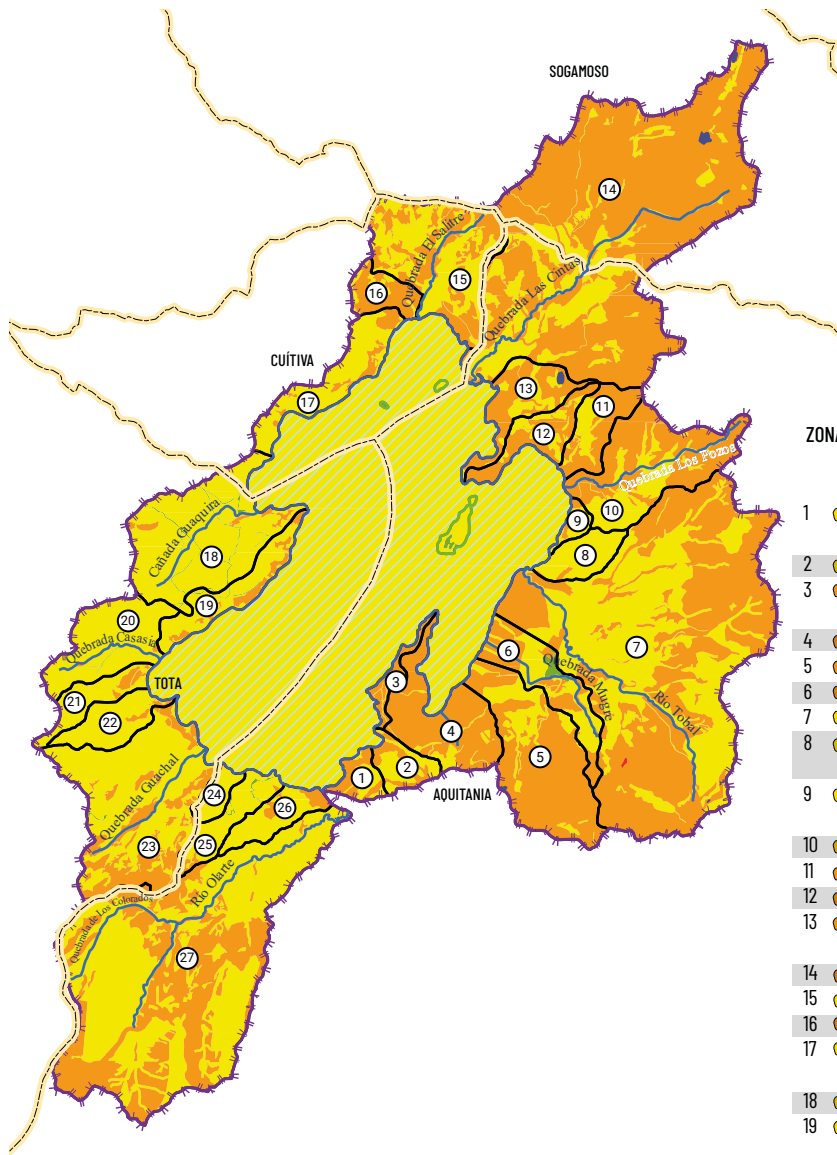
Gráfica 4. Factores climáticos y no climáticos para la identificación de las necesidades de adaptación al CC en la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020

Con los resultados obtenidos por los factores anteriormente mencionados (climáticos y no climáticos), los cuales se encuentran calificados de 1 a 5 (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto), se realizó una matriz de decisión que permitiera determinar las zonas susceptibles de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota.

La gráfica 5 representa la matriz de decisión como enfoque integrador complejo, la cual permite determinar las necesidades de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota en sinergia con objetivos de desarrollo sostenible y criterios de política. A su vez, el mapa 3 representa los resultados de dicha matriz delimitando zonas susceptibles de adaptación al Cambio Climático.



Gráfica 5. Factores climáticos Matriz de decisión como enfoque complejo para la identificación de las necesidades de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota, AICCA 2020



**LEYENDA**

- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

**CONVENCIONES**

- Drenajes
- Lagunas
- Islas
- Lago de tota
- Cuenca Lago de Tota
- Limite municipal

**ZONAS SUSCEPTIBLES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

- |    |  |        |  |
|----|--|--------|--|
| 1  |  | 351601 | Directos Lago de Tota Sur - Aquitania                      |
| 2  |  | 351602 | Quebrada Ajiés   |
| 3  |  | 351603 | Directos Lago de Tota Península de Aquitania               |
| 4  |  | 351604 | Cañada Los Lamos   |
| 5  |  | 351605 | Quebrada Aguablanca  |
| 6  |  | 351606 | Quebrada Mugre   |
| 7  |  | 351607 | Río Tobal  |
| 8  |  | 351608 | Directos Lago de Tota entre Río Tobal y Quebrada Los Pozos |
| 9  |  | 351609 | Directos Lago de Tota Este - Aquitania                     |
| 10 |  | 351610 | Quebrada Los Pozos   |
| 11 |  | 351611 | Quebrada Los Corales                                       |
| 12 |  | 351612 | Quebrada Salvia  |
| 13 |  | 351613 | Directos Lago de Tota entre Quebradas Salvia y Las Cintas  |
| 14 |  | 351614 | Quebrada Las Cintas  |
| 15 |  | 351615 | Quebrada El Salitre  |
| 16 |  | 351616 | Quebrada Los Rico  |
| 17 |  | 351617 | Directos Lago de Tota Oeste - Cúitiva                      |
| 18 |  | 351618 | Cañada Guaquira  |
| 19 |  | 351619 | Directos Lago de Tota Oeste - Tota                         |
| 20 |  | 351620 | Quebrada Casasia   |
| 21 |  | 351621 | Quebrada Donsiquira  |
| 22 |  | 351622 | Quebrada Arrayanes   |
| 23 |  | 351623 | Quebrada Guachal   |
| 24 |  | 351624 | Quebrada Zapatero  |
| 25 |  | 351625 | Quebrada Hato Viejo  |
| 26 |  | 351626 | Zanjón San Antonio   |
| 27 |  | 351627 | Río Olarte   |

Mapa 3. Mapa de zonas susceptibles de adaptación al Cambio Climático, AICCA 2020



Identificadas las zonas susceptibles de adaptación al Cambio Climático en la cuenca, se analizó y precisó qué zonas resultantes fueron calificadas como Alta y Muy alta (rojo y naranja) del mapa anterior, las que fueron consideradas como las zonas de mayor importancia para determinar un catálogo de opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota.

Los resultados de los factores climáticos y no climáticos para la determinación de las necesidades de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota se describen de manera sintetizada a continuación:

“ Los escenarios de Cambio Climático para la cuenca del Lago de Tota para el periodo 2026 - 2050 muestran cambios significativos en las lluvias, especialmente en los primeros 6 meses del año, en donde bajo el Escenario Húmedo las lluvias aumentarían entre un 15% y un 40% ”

### Escenarios de Variabilidad Climática y Cambio Climático (VC/CC).

Implementar la adaptación al Cambio Climático es la necesidad identificada, una vez obtenidos los resultados de los escenarios húmedo y seco de Cambio Climático para el período futuro 2026 – 2050 en la cuenca del Lago de Tota. La probabilidad de un aumento en la temperatura media multianual aproximada a los 0.85 °C para el escenario húmedo y de 0.90 °C para el escenario seco; mientras que el comportamiento del cambio de precipitación media multianual difiere según el escenario, para el escenario húmedo se prevé un aumento en la precipitación del 19% aproximadamente y para el escenario seco una disminución del 4% aproximadamente. El escenario húmedo se modeló bajo el escenario de emisión RCP8.5 (Caminos Representativos de Concentración - RCPs, por sus siglas en inglés), mientras que el escenario seco se modeló bajo el RCP4.5.

Los escenarios de Cambio Climático para la cuenca del Lago de Tota para el periodo 2026 - 2050 muestran cambios significativos en las lluvias, especialmente en los primeros 6 meses del año, en donde bajo el Escenario Húmedo las lluvias aumentarían entre un 15% y un 40%, principalmente entre los meses de marzo y agosto. Bajo el Escenario Seco las lluvias se reducirían entre un 10% y un 20% principalmente entre los meses de diciembre y mayo.

Adicionalmente, bajo el Escenario Húmedo toda la cuenca presentaría aumentos importantes de las lluvias, especialmente en la zona del municipio de Aquitania, con incrementos de más de 40 mm/año (más del 20%); mientras que bajo el Escenario Seco las mayores disminuciones de las lluvias se darían al norte y centro de la cuenca, con reducciones de más de 40 mm/año (más del 5%).

Para las temperaturas media, máxima y mínima, éstas presentarían incrementos en todas ellas del orden de 0.5 a 1°C, dándose los más altos en la temperatura media, y los más bajos en la temperatura mínima. El centro de la cuenca del Lago de Tota sería la zona donde se darían los mayores aumentos de las temperaturas, incrementándose entre 1 y 1.5 °C los valores anuales, en comparación con las del periodo histórico 1981-2016.

En cuanto a la variabilidad climática, se aprecia que los cambios serían cada vez mayores. En los años futuros en los que haya presencia de eventos de esta variabilidad se presentarían aumentos de más del 100% en la precipitación o reducciones del 80% en las mismas, así como incrementos o reducciones de las temperaturas del orden de 1 °C, siendo mayores a este valor para las temperaturas máxima y mínima.

Estos cambios proyectados por los escenarios ocasionarían diversos impactos. En el Escenario Húmedo habría más días al año con lluvias y más días con lluvias extremas, lo que ocasionaría más deslizamientos, inundaciones y pérdidas de cultivos, entre otros impactos. Por otra parte, en el Escenario Seco los períodos sin lluvias serían más largos, y la cantidad de lluvia al año sería cada vez menor. Esto ocasionaría desabastecimiento de agua para riego y consumo, así como daños en cultivos y cambios sensibles en las actividades de la comunidad (por ejemplo, un mayor desplazamiento para conseguir agua, cambios en las temporadas de siembra y cosecha, entre otros) (AICCA, 2020).

En el Quinto Informe del IPCC (AR5), se han definido cuatro nuevos escenarios de emisión, denominados “Caminos Representativos de Concentración” (RCPs, por sus siglas en inglés). Éstos se caracterizan por su Forzamiento Radiativo<sup>2</sup> (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5 vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). La palabra “representativo” significa que cada RCP proporciona sólo uno de los muchos posibles escenarios que pueden conducir a las características de ese Forzamiento Radiativo. El término “camino” hace hincapié en que no sólo los niveles de concentración en el largo plazo son de interés, sino también la trayectoria que ha tomado en el tiempo para llegar a ese resultado. En resumen, el nuevo proceso en paralelo comienza con la selección de cuatro RCPs, cada uno de los cuales corresponde a un camino de Forzamiento Radiativo específico, ver tabla 2. (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA., 2015).

Teniendo en cuenta las proyecciones generadas en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC) para Colombia, la zona de la cuenca del Lago de Tota presenta un aumento de la precipitación bajo los 4 escenarios de emisión, denomina-

.....  
2 El Forzamiento Radiativo (FR) es un proceso que altera el equilibrio de energía del sistema Tierra – atmósfera, a raíz de un cambio en la concentración de dióxido de carbón o en la energía emitida por el Sol. Si el FR es positivo tiende a calentar el sistema (más energía recibida que emitida), mientras que un FR negativo lo enfría (más energía perdida que recibida). El FR se expresa en unidades de medida de vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>). (IDEAM, 2015)

dos “Camino Representativos de Concentración” (RCPs, por sus siglas en inglés), por lo tanto, se estima que la proyección del escenario húmedo sea el que suceda con más probabilidad para la zona de la cuenca a comparación del escenario seco.

| Escenario | Forzamiento Radiante (W/m <sup>2</sup> ) | CO <sub>2</sub> eq Atmosférico (ppm) | Anomalía de temperatura | Trayectoria                           | Equivalente para escenarios SRES (AR4) |
|-----------|--|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| RCP8.5    | 8.5                                      | >1370                                | 4.9                     | 2100, en aumento                      | SRES A1F1                              |
| RCP6.0    | 6.0                                      | 850                                  | 3                       | Estabilización después de 2100        | SRES B2                                |
| RCP4.5    | 4.5                                      | 650                                  | 2.4                     | Estabilización después de 2100        | SRES B1                                |
| RCP2.6    | 2.6                                      | 490                                  | 1.5                     | Picos antes de 2100 y después declina | Ninguno                                |

Tabla 2. Los cuatro caminos de Forzamiento Radiativo (FR) seleccionados por el IPCC para evaluar el comportamiento de la concentración de emisiones GEI en el planeta a 2100, IDEAM 2015

“muestran que en la zona tiene deficiencias importantes en varios aspectos, principalmente los relacionados con el conocimiento del riesgo, la cobertura de acueducto y alcantarillado y el acceso a los servicios públicos, entre otros indicadores”

### Análisis de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático.

Los indicadores seleccionados para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático para las dimensiones de Biodiversidad, Seguridad Alimentaria, Hábitat Humano y Recursos Hídricos para la cuenca del lago de Tota, muestran que en la zona tiene deficiencias importantes en varios aspectos, principalmente los relacionados con el conocimiento del riesgo, la cobertura de acueducto y alcantarillado y el acceso a los servicios públicos, entre otros indicadores.

Los valores son bajos en estos aspectos, lo que ocasiona que los habitantes de las veredas de la cuenca sean más susceptibles ante los impactos del Cambio Climático.

Respecto a la Biodiversidad la vulnerabilidad es alta para las veredas de los municipios de Tota y Cuítiva, mientras que las ubicadas en Aquitania y Sogamoso presentan valores moderados y bajos. En cuanto al riesgo por Cambio Climático, las veredas de Cuítiva, Tota y Sogamoso son las que mayor riesgo presentarían, mientras que las de Aquitania tendrían niveles de riesgo bajos a moderados. Estos niveles de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático se dan principalmente por la afectación que tendrían los cambios proyectados del clima en los ecosistemas de la cuenca del Lago de Tota, junto con los altos niveles de sensibilidad que se tienen en el área por aspectos tales como la frontera agrícola y la erosión moderada.

En la dimensión de Seguridad Alimentaria, las veredas de los municipios de Tota, Cuítiva y Sogamoso son las que presentan altos niveles de vulnerabilidad, mientras que en las de Aquitania se tiene una vulnerabilidad con niveles que van de bajos a moderados. Este comportamiento se da principalmente por la gran cantidad de pequeños agricultores que hay en la zona, así como por la distribución de la pobreza en ellas y el alto porcentaje del área de éstas que es susceptible ante eventos hidrometeorológicos, entre otras razones. Por otra parte, el riesgo por Cambio Climático es muy alto para las veredas de los tres municipios del norte y occidente de la cuenca (Sogamoso, Cuítiva y Tota), mientras que Aquitania presenta niveles bajos de riesgo, debido principalmente a los altos indicadores de capacidad adaptativa que existen en la zona (asociaciones comunales, zonas con Buenas Prácticas Agropecuarias [BPAs] y asistencia técnica agropecuaria, entre otras). Estos niveles de riesgo se dan principalmente por las afectaciones que podrían darse en los agroecosistemas ante el aumento de las sequías, de la temperatura y de los eventos extremos de lluvia en la zona bajo los escenarios de Cambio Climático.

Por otra parte, el Hábitat Humano tienen niveles moderados a bajos de vulnerabilidad en las veredas ubicadas en la cuenca del lago de Tota. Mientras que el riesgo es Bajo por Cambio Climático en las veredas del municipio de Tota, es de Moderado a Alto en las veredas restantes. Este comportamiento se debe principalmente al déficit de vivienda, la cobertura y acceso a los servicios públicos y a la población de la tercera edad presente en la zona, entre otras razones.

Finalmente, la dimensión de Recursos Hídricos tiene una vulnerabilidad diferenciada, con valores Bajos a Moderados, en las subcuencas ubicadas al occidente de la zona, y Altos y Muy Altos en el resto de estas. El nivel de riesgo por Cambio Climático para esta dimensión es considerable, ya que es muy alto para la mayoría de las subcuencas. Este comportamiento se debe principalmente a los cambios proyectados por los escenarios de Cambio Climático en relación a la precipitación, y a la gran demanda del recurso hídrico para consumo humano y actividades agropecuarias versus la baja capacidad existente en la actualidad en la cuenca del lago de Tota (AICCA, 2020).

“ El nivel de riesgo por Cambio Climático para esta dimensión es considerable, ya que es muy alto para la mayoría de las subcuencas. Este comportamiento se debe principalmente a los cambios proyectados por los escenarios de Cambio Climático en relación a la precipitación ”

## Modelación hidrológica bajo escenarios de Cambio Climático (MH).

En primer lugar, se presentaron las series mensuales de precipitación y temperatura media generadas en cada una de las 27 subcuencas (incluyendo el lago) que conforman

la cuenca del lago de Tota bajo los escenarios de variabilidad y Cambio Climático (VC/CC): escenarios seco y húmedo. En segundo lugar, se analizaron los datos oficiales de demanda para los diferentes sectores, e hicieron estimaciones de la demanda agrícola y se proyectaron demandas para el sector doméstico en el periodo 2029-2050. Por último, se simularon escenarios de modelación hidrológica bajo los escenarios de VC/CC y otras variables de interés para el periodo 2030-2050.

Las series mensuales de los escenarios de precipitación y temperatura media se analizaron para determinar si existe alguna tendencia en los datos en el periodo 2029-2050. La prueba Mann-Kendall con un nivel de confianza del 95% en los escenarios seco y húmedo muestra que a pesar de la tendencia de aumento en la pendiente Theil-Sen se puede asegurar que las series de precipitación a nivel de subcuenca no tienen ninguna

tendencia. Por su parte, la prueba Mann-Kendall con un nivel de confianza del 95 % en los escenarios seco y húmedo muestra que a pesar de la tendencia de disminución en la pendiente Theil-Sen se puede asegurar que las series de temperatura media a nivel de subcuenca no tienen ninguna tendencia.

La estacionalidad de los escenarios de variabilidad y Cambio Climático muestra un aumento para la precipitación en el escenario húmedo durante el primer semestre del año y hasta julio. En el escenario seco de precipitación durante el primer semestre se observa una leve disminución con respecto al valor observado históricamente. En el segundo semestre del año se observa que tanto el escenario húmedo como el seco no se diferencian significativamente en magnitud con respecto al valor observado históricamente. Por su parte, para la temperatura media se aprecia que tanto el escenario húmedo como el seco están aproximadamente 0.5 °C por encima del valor observado históricamente, siendo levemente mayor en magnitud el escenario seco con respecto al escenario húmedo.

De acuerdo con la información de los usuarios con concesión vigente y caudal otorgado, suministrada por Corpoboyacá, la demanda por sectores muestra que el principal uso del recurso hídrico en la cuenca es el doméstico, seguido en orden por el agrícola, el industrial, el pecuario y el piscícola. Con respecto a las subcuencas, el sector que más demanda agua es el agrícola seguido por el doméstico y en mucha menor proporción el pecuario.

Con información de módulos de consumo y áreas de cultivo se estimó la demanda actual para el sector agrícola en la cuenca del lago de Tota. Si se compara el caudal de demanda para los dos cultivos predominantes, cebolla junca y papa, con la demanda

“ De acuerdo con la información de los usuarios con concesión vigente y caudal otorgado, suministrada por Corpoboyacá, la demanda por sectores muestra que el principal uso del recurso hídrico en la cuenca es el doméstico, seguido en orden por el agrícola”

total del sector agrícola dada por la información de los usuarios con concesión vigente y caudal otorgado, se ve que la diferencia es de aproximadamente 32 l/s que podría ser la demanda requerida por los cultivos agrupados en la categoría de varios en las áreas de cultivo actuales.

Como trabajo futuro o recomendación se sugiere determinar con mayor precisión los requerimientos hídricos de los cultivos, principalmente de la cebolla, teniendo en cuenta que los módulos de consumo son una estimación y que no necesariamente los agricultores aplican esta cantidad de agua a sus cultivos.

Una buena idea es contar con la información de los actores locales relacionados con el sector agrícola para validar la información de las áreas cultivadas, las necesidades de riego de los cultivos, y determinar cuáles cultivos además de la cebolla junca y la papa se cultivan en la cuenca, pues estos otros cultivos representan aproximadamente el 30 % de las áreas cultivadas. Adicionalmente, se puede verificar la información comercial y de tecnificación de los cultivos que permita determinar si las áreas cultivadas de cebolla son susceptibles a disminuir o aumentar su producción por hectárea, escenario en el cual se podría proyectar cambios futuros en la demanda del sector agrícola.

Con respecto a la estimación de la demanda actual y proyectada para el uso doméstico, se tomaron las disposiciones del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (MinDesarrollo, 2002). Mediante el ajuste de un modelo matemático de proyección de población se calculó la población de cada municipio hasta el año 2050, y a partir de estas proyecciones se estimó el caudal de demanda para uso doméstico en el periodo 2018-2050. Si se compara la demanda doméstica estimada para el municipio de Sogamoso con el caudal otorgado mediante concesión a la COMPAÑÍA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SOGAMOSO E.S.P. se logra una buena aproximación.

Para responder a cuál puede ser la afectación del balance hídrico si aumenta la extracción del lago, y cuál el impacto del caudal desviado del río Olarte, o cómo cambian las cotas de nivel del lago bajo los escenarios de variabilidad y Cambio Climático, se plantearon y simularon los escenarios seco y húmedo de VC/CC y otras variables de interés para el periodo 2029-2050. Dentro de las variables de interés se plantearon escenarios de proyección del caudal de demanda total para el periodo 2029-2050:

Primero: se simularon escenarios históricos para el balance hídrico del lago en el periodo 1991-2018. Los resultados de esta simulación muestran que si no existiera desvío del río Olarte (línea azul) las cotas de nivel hubieran alcanzado valores por debajo del mínimo histórico (3013.2 m.s.n.m.) Por su parte, si se desviara todo el caudal del río Olarte al inicio del período histórico de simulación se hubieran elevado la cota y el volumen de almacenamiento de lago, pero después del 2010 se hubieran mantenido

cercanos a los valores históricos. En este escenario se obtiene una cota máxima de 3015.6 m.s.n.m. La cota máxima histórica es 3015.4 m.s.n.m.

Segundo: se simuló para el periodo 2030-2050 —en las 27 subcuencas que drenan al lago—, el caudal de oferta con el modelo GR2M utilizando como datos de entrada los escenarios seco y húmedo de Variabilidad Climática/Cambio Climático. Estas simulaciones se consideran el escenario de referencia húmedo y seco, pues es el caudal de oferta que se produciría naturalmente, es decir, sin extracciones ni intervención antrópica. Al comparar la estacionalidad de los datos observados y los datos simulados bajo los escenarios de variabilidad y Cambio Climático se concluye que los resultados presentan el mismo comportamiento estacional que la precipitación. Adicionalmente, para evaluar cómo se afectan los servicios ecosistémicos de regulación y provisión de agua bajo los escenarios de Variabilidad Climática/Cambio Climático se calculó el Índice de uso del agua (IUA) y se obtuvieron los siguientes resultados: para la condición histórica, en general, los meses secos de diciembre, enero, febrero y marzo, son los de mayor presión, principalmente para las subcuencas del Este y el Sureste. En el promedio anual, las subcuencas *cañada Los Lamos* (351604), *quebrada Mugre* (351606) y directos lagos de Tota Sur - Aquitania (351601) son las que presentan mayor presión sobre el recurso hídrico. De otra parte, para la condición seca, los meses secos de diciembre, enero, febrero y marzo, siguen siendo los de mayor presión no solo para las subcuencas del Este y Sureste, sino para las del Sur y las del Noreste. En el promedio anual esta afectación se mantiene para las subcuencas del Este y el Sureste. Finalmente, para la condición húmeda, los meses secos de diciembre, enero, febrero y marzo, siguen siendo los de mayor presión para las subcuencas del Este y el Sureste de la cuenca, pero con una leve disminución en la presión. En el promedio anual, la subcuenca de la cañada Los Lamos (351604) es la que presenta mayor presión sobre el recurso hídrico.

Tercero: se simularon los escenarios seco y húmedo de Variabilidad Climática/Cambio Climático para el balance hídrico del lago en el periodo 2030-2050. En general, los resultados de estas simulaciones muestran que para el escenario seco de Variabilidad Climática/Cambio Climático, la variación de las cotas de nivel se da por la influencia directa de las condiciones climáticas de lluvia y evapotranspiración. Con respecto a los escenarios de desvío del río Olarte, su influencia en la variación de los niveles se vuelve importante para el escenario en el que no hay desviación (esc. sin desvío Olarte) y cuando aumenta la demanda total de referencia, especialmente si la demanda total de referencia aumenta 100 %. De otra parte, para el escenario húmedo de Variabilidad Climática/Cambio Climático en general, se observa que la variación de las cotas de nivel se da más por el control hidráulico del vertedero de herradura, pues siempre que

se alcanzan cotas máximas y aumenta la descarga del vertedero ocurre una caída súbita en las cotas y se alcanzan cotas mínimas. Por esta razón, para el escenario en el que se desvía por completo el río Olarte (esc. desvío Olarte 100 %) se alcanzan las cotas mínimas cuando antecede una cota de nivel pico. Con respecto a los escenarios de desvío del río Olarte, su influencia en la variación de los niveles ya no es tan evidente en la dinámica estacional porque predominan las descargas del vertedero, pero sí son determinantes en las cotas máximas que se alcanzarían en el lago.

En general y de acuerdo con los resultados de los escenarios que afectan el balance hídrico del lago, las recomendaciones para disminuir el impacto de los escenarios de Variabilidad Climática/Cambio Climático en la cuenca del lago de Tota son: implementar medidas para que las captaciones o extracciones cumplan con los caudales concesionados; formalizar a todos los usuarios del recurso hídrico que aún no están dentro de los censos de usuarios oficiales de las reglamentaciones; fomentar los programas de ahorro y uso eficiente del agua en los sectores productivos, principalmente el agrícola; capacitar y formalizar los acueductos rurales y tomar todas las medidas pertinentes y necesarias que permitan aproximar la demanda real de los usuarios a las estimaciones dadas por los diferentes estudios. Todas estas medidas y recomendaciones están implícitas en los instrumentos de gestión y gobernanza del recurso hídrico como el POMCA y el PORH, por lo que es provechosa la actualización de estos instrumentos en la consolidación de las recomendaciones, que una vez logradas, permitirá una toma de decisiones fiables sobre la demanda futura a través de la extracción del túnel de Cútiva, y no por el desvío hacia el lago del río Olarte.

Se puede concluir que la simulación de los escenarios planteados cumplió con su propósito de determinar cómo cambiaría la oferta hídrica de la cuenca y el balance hídrico del lago. Con los resultados de las simulaciones y los análisis presentados se entrega un importante insumo para el proyecto AICCA-Colombia y para las autoridades e instituciones locales de la cuenca del lago de Tota. Así se cumple el objetivo de que se puedan tomar las mejores decisiones en pro de la conservación y la sostenibilidad del recurso hídrico de esta importante cuenca del país.

“ las recomendaciones para disminuir el impacto de los escenarios de Variabilidad Climática/Cambio Climático en la cuenca del lago de Tota son: implementar medidas para que las captaciones o extracciones cumplan con los caudales concesionados; formalizar a todos los usuarios del recurso hídrico que aún no están dentro de los censos de usuarios oficiales de las reglamentaciones ”



## Servicios ecosistémicos (SE) y Estructura Ecológica Principal de la cuenca (EEP).

El Modelo de Estructura Ecológica Principal con criterios de adaptación de la cuenca del Lago de Tota, se encuentra integrado por **áreas núcleo, áreas de transición, corredores de conectividad y áreas de uso múltiple** (la red ecológica). Adicional a la delimitación de las áreas de transición, los criterios de adaptabilidad se ven reflejados en el planteamiento de medidas de adaptación para las áreas de la red ecológica.

La estructura ecológica es un eje del ordenamiento ambiental que permite orientar el manejo sostenible que se debe dar a un espacio territorial determinado, en tanto que esta, contiene un sistema espacial, estructural y funcionalmente interrelacionado de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio ecosistémico regional.

“ Las áreas núcleo cubren el 54,6% del área total de la cuenca. Integran esta área el lago de Tota, gran parte del área del parque Siscunsi Ocetá y parte del páramo Las alfombras; las áreas de transición cubren un 8,18% y están protegiendo de alteraciones especialmente al área núcleo lago de Tota ”

Este modelo de Estructura Ecológica Principal coincide con lo propuesto por los actores locales en el marco de los talleres desarrollados, lo cual es muy favorable en términos de su implementación y de los lineamientos de manejo adaptativo que la incluyen.

La cuenca del Lago de Tota forma parte de la Estructura Ecológica de soporte del departamento de Boyacá. Así, el modelo de Estructura Ecológica Principal debe concebirse como una red de áreas, que bajo el enfoque de manejo sostenible de tierras (MST), permitirá orientar medidas tales como la protección, el manejo sostenible, la restauración, la reconversión productiva, entre otras, de este ecosistema de alta montaña. Medidas que, por Ley, debe establecer la autoridad regional ambiental – Corpoboyacá (Ley 1930 de 2018) en el marco del plan de manejo del complejo de páramos “Tota - Bijagual – Mamapacha” y que se debe articular tanto al plan de manejo del Parque Natural Regional Unidad Biogeográfica de Siscunsi Ocetá como al POMCA, que actualmente se está actualizando. En ese orden, los lineamientos de manejo adaptativo podrán servir de insumo en la articulación y ajuste de estos instrumentos de planificación y ordenamiento ambiental y de los esquemas de ordenamiento ambiental (EOT) de los municipios que integran la cuenca, así como de los demás instrumentos de planificación y gestión territoriales.

**Las áreas núcleo** cubren el 54,6% del área total de la cuenca. Integran esta área el lago de Tota, gran parte del área del *parque Siscunsi Ocetá* y parte del páramo *Las alfombras*; las áreas de transición cubren un 8,18% y están protegiendo de alteraciones especialmente al área núcleo *lago de Tota* y una pequeña porción del área núcleo *Siscunsi Ocetá*. Las **áreas de uso múltiple** cubren el 27,05%, los corredores de conectividad el

3,09%, estos también se ampliaron, producto del análisis de riesgo. Los **corredores hídricos** cubren un 6,87%.

En la red ecológica (EEP), 4.159,63 ha (18,46%) integran el área de páramo delimitada por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), así como el *Parque Natural Regional Unidad Biogeográfica de Siscunsi Ocetá*; adicionalmente 8.248,33 ha. (36%) también forman parte del área de paramos delimitada (IAvH), lo cual significa que el área del páramo en conjunto cubre cerca del 54% del área de la cuenca. Solo 0,64 ha que pertenecen al *Parque Natural Regional Unidad Biogeográfica de Siscunsi Ocetá*, están fuera del área de páramo; 1% del área (2,51 ha) son reserva de la sociedad civil (Pueblito Antiguo), las demás áreas de la cuenca 10.013 ha (44,45%) no están cobijadas por alguna categoría de protección, incluido el *lago de Tota* que tiene una superficie de 5504,26 ha.

Dentro del modelo de Estructura Ecológica Principal de la cuenca del lago de Tota, cobra importancia el manejo del área protegida existente y de los ecosistemas priorizados por la legislación (páramos, humedales, rondas hídricas), también la reserva y la garantía en la calificación de los suelos de protección en las zonas que integran la Estructura Ecológica Principal. En ese sentido, es fundamental que se avance en la elaboración del respectivo instrumento de manejo que conllevará a la zonificación interna del área (para el caso específico del parque regional y para el área del páramo), y poder así, particularizar en cada caso los procesos de planificación, gestión y manejo, que garanticen el cumplimiento del efecto perseguido con la protección de estas áreas y que por ende permitan que el modelo de Estructura Ecológica Principal proyectado sea viable.

Con esa información, se pueden adoptar medidas de manejo más apropiadas y efectivas para cada área y se podrá planificar y priorizar la inversión de recursos y aplicarlos con estos fines. Del mismo modo, en el caso de las áreas que no están cobijadas bajo las categorías citadas, se podrá realizar una gestión proactiva para involucrar a grupos amplios de propietarios o poseedores privados del área de estudio para que se vinculen con estrategias de conservación “privada” a la implementación del modelo de la Estructura Ecológica Principal.

En el modelo de Estructura Ecológica Principal propuesto se destaca el *lago de Tota* (área núcleo) y los corredores hídricos. Zonas relacionadas con el suministro de agua a la población para las diferentes actividades y ecosistemas que prestan servicios de provisión y regulación de agua. En este sentido, se debe recordar que la Ley 99 de 1993 declaró de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y dispuso una

obligación a cargo de los departamentos y municipios de comprar esas áreas (art. 111). (AICCA - INGEAG, 2020)

## Riesgo de la biodiversidad en la cuenca (Presiones).

El análisis de riesgo de la biodiversidad está definido bajo un conjunto de indicadores que hacen posible la tipificación de la amenaza, sensibilidad y capacidad adaptativa para la biodiversidad en la cuenca del Lago de Tota. Esto permite identificar en una escala que va desde *muy alto* a *muy bajo* las presiones que se presentan en la cuenca.

Los indicadores utilizados para el subíndice de amenaza a la biodiversidad fueron: cambio de áreas con vegetación natural, degradación de los suelos (erosión) y Cambio Climático en la precipitación y temperatura media anual / escenario 2026 – 2050. Los indicadores para el subíndice de sensibilidad de la biodiversidad fueron: conflictos de uso del suelo, inundaciones y procesos de remoción en masa; mientras que los indicadores para el subíndice de capacidad adaptativa de la biodiversidad fueron: áreas con determinantes ambientales. La construcción espacial de cada uno de los indicadores es un proceso individual con características propias. Por eso cada uno de ellos tiene una metodología específica y un alcance relacionado con el estado de la información gestionada y evaluada. A continuación, presentamos una síntesis de los resultados obtenidos para algunos de los indicadores:

- \* Nivel de amenaza a la biodiversidad por cambio de áreas con vegetación natural  
La amenaza “Muy alta” a la biodiversidad por cambio de cobertura natural en la cuenca del Lago de Tota entre 1986 y 2019, se toma de 556,0 hectáreas (2,5%) correspondientes a las áreas en zona de páramo que perdieron cobertura natural por actividades antrópicas. La amenaza “Alta” es de 1.701,4 hectáreas (7,6%) que corresponden a las áreas en bosque alto andino que perdieron cobertura natural por actividades antrópicas, ambas amenazas conllevan a la disminución de la riqueza de especies. Mientras que la amenaza “Muy baja” para 14.022,5 hectáreas (62,3%) corresponde a las áreas con cambios que no afectan la cobertura natural o que no presentaron cambio ni afectación a la cobertura natural y que preservan la riqueza de especies en la cuenca del Lago de Tota. Es muy importante mantener este porcentaje de amenaza a la biodiversidad por cambio de cobertura natural en los valores de “Muy baja” y “Baja”, ya que la cobertura preserva, conserva y protege la riqueza de especies, otorgándole a la zona de estudio gran valía por sus áreas de páramo y por el cuerpo de agua en alta montaña (lago de Tota) de suma importancia a nivel nacional.

- \* Nivel de amenaza a la biodiversidad por degradación de suelos (erosión) Cerca del 61% de la superficie de la cuenca del lago de Tota se encuentra en los grados de sin evidencia o ligera evidencia, es decir representan “Baja” a “Muy baja” amenaza, mientras que solamente el 1,44% está con erosión severa o muy severa que representa una amenaza “Alta” y “Muy alta”. Estos últimos son pequeños focos de erosión ubicados en las zonas medias de las cuencas de *Las Cintas*, *Olarte* y el municipio de *Cuítiva*. El énfasis se debe tener en cuenta en el grado “Moderada” o nivel medio de amenaza, que ocupa el 11,6% y que corresponde a varias de las zonas de cultivos y pastos. Se debe prestar atención a estas zonas porque pueden pasar a erosión severa. Las zonas con erosión muy severa y severa amenazan la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, en particular los relacionados con la regulación hídrica y climática.
- \* Nivel de sensibilidad de la biodiversidad por conflictos de uso del suelo La sensibilidad “Muy alta” de la biodiversidad por conflictos de uso del suelo en la cuenca del Lago de Tota dispone de 1.092,1 hectáreas (4,8%) correspondiente a las tierras que sobrepasan la capacidad de soporte del medio natural en un grado severo de sobreutilización. Esto conlleva a la disminución de la riqueza de especies. La sensibilidad “Media” dispone de 1.908,0 hectáreas (8,5%) correspondiente a las tierras en las que el uso actual está próximo a la capacidad de uso de tierras, haciendo evidente un nivel de explotación del recurso por encima del recomendado. La sensibilidad “Muy baja” dispone de 11.847,9 hectáreas (52,6%) correspondiente a los suelos que no presentan una sobreutilización del suelo, sin deterioro en el recurso del suelo, preservando de esta manera la riqueza de especies en la cuenca del Lago de Tota.
- \* Nivel de sensibilidad de la biodiversidad a inundaciones o encharcamiento Las zonas susceptibles a inundaciones con categoría “Alta” y “Muy alta” ocupan el 5,8% de la zona y en general se ubican alrededor del lago con una buena extensión en la parte baja de Aquitania. Otros pequeños sectores se encuentran en las zonas altas relacionadas con depresiones o artesas glaciáricas o turberas. Aunque los principales ríos son encañonados, algunos sectores pueden ser susceptibles a inundaciones cortas por crecientes súbitas. La sensibilidad sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas se invierte frente al componente de susceptibilidad, es decir, las zonas “Muy altas” y “Altas” de susceptibilidad a inundaciones contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad, en particular a la acuática relacionada con los humedales.

“ Nivel de sensibilidad de la biodiversidad por conflictos de uso del suelo La sensibilidad “Muy alta” de la biodiversidad por conflictos de uso del suelo en la cuenca del Lago de Tota dispone de 1.092,1 hectáreas (4,8%) ”

- \* Nivel de sensibilidad de la biodiversidad a procesos de remoción en masa. En general, la cuenca del Lago de Tota presenta “Baja” a “Muy baja” sensibilidad (o susceptibilidad) por procesos de remoción en masa con un valor cercano al 57%. Las pocas zonas con sensibilidad “Alta” y “Muy alta” se encuentran en los cañones de la parte media de las subcuencas de los ríos *Las Cintas*, *Tobal* y *Olarte* y representan menos del 2%. Estas últimas coinciden con los corredores de conservación definidos en la Estructura Ecológica Principal. Las zonas con susceptibilidad “Muy alta” y “Alta” a procesos de remoción en masa son sensibles a la biodiversidad terrestre y su conectividad; también son sensibles a los servicios de los ecosistemas relacionados con la regulación hídrica.
- \* Nivel de capacidad adaptativa de la biodiversidad por determinantes ambientales. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que el 18,5%, del área de la cuenca es parte del *Parque Natural Regional Unidad Biogeográfica de Sisuncuní Ocetá* con normas de superior jerarquía, comparada con el 39,5% que comprende parte del Páramo *Tota-Bijagual-Mamapacha* y las áreas de las rondas hídricas. Este a su vez, integra normas de superior jerarquía comparado con el 0,01% de la Reserva Natural de la Sociedad Civil *Pueblito Antiguo*. Las anteriores determinantes ambientales se encuentran relacionadas con la conservación y protección ambiental de los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales, que ayudan en la identificación de los niveles de capacidad adaptativa a la Biodiversidad.

Con los indicadores de amenaza, sensibilidad y capacidad adaptativa de la biodiversidad, caracterizados en la cuenca del Lago de Tota, se calcularon sus subíndices. El criterio utilizado en la ponderación de los indicadores fue el árbol de decisiones, particularmente para los dos primeros subíndices ya que estos consideran más de un indicador de evaluación. El subíndice de capacidad adaptativa se representa con el indicador de determinantes ambientales, es decir, entra directamente.

Como resultado de la amenaza para las zonas oriental, norte y sur de la cuenca localizadas en áreas de páramo se evidencia una amenaza “Muy baja” con un 30,2% de área, algunas zonas con amenaza “Muy alta” (2,4%) en el páramo, mientras que en la zona del Lago de Tota hay evidencia de una amenaza “Media” (32,4%). Respecto al subíndice de sensibilidad de la biodiversidad la evidencia muestra que es “Muy baja”, (31,5%) en la zona del Lago de Tota, algunas zonas con sensibilidad “Muy alta” (5,1%) en los páramos, mientras que la categoría “Media2 (14,7%) se distribuye por las zonas de bosque alto andino. Mientras que para el subíndice de capacidad adaptativa de la biodiversidad la evidencia es “Baja” (42,1%) en la zona del Lago de Tota y sus áreas

adyacentes inundables; hay una capacidad adaptativa “Alta” (39,5%) en parte del Páramo *Tota-Bijagual-Mamapacha* y las áreas de las rondas hídricas. La capacidad adaptativa “Muy alta” (18,5%) está en la parte del área del Parque Natural Regional (Unidad Biogeográfica de Siscunsi Ocetá) el cual constituye normas de superior jerarquía.

La vulnerabilidad se define como la predisposición para verse afectado negativamente por algún evento atmosférico o climático extremo. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación. (IPCC, 2014)

De esta manera para la cuenca hay evidencia de una vulnerabilidad de la biodiversidad “Baja” en el 58,8% del área de la cuenca particularmente en el Lago de Tota y en las zonas de páramo; una vulnerabilidad “Alta” (16,9%) en algunas zonas de páramo y en el bosque alto andino; mientras que la vulnerabilidad “Muy alta” (6,3%) se presenta en las zonas de ronda del Lago de Tota.

El riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un desastre. Depende de la amenaza el que se produzca un fenómeno, tanto natural como humano, capaz de desencadenar un desastre y de la vulnerabilidad de un sistema socio ecológico a resultar afectado por la amenaza. (IPCC, 2014)

De esta manera para la cuenca se evidencia un riesgo por Cambio Climático a la biodiversidad “Muy bajo” con el 38,2% del área de la cuenca, este se localiza en gran parte del páramo; hay un riesgo “Alto” (6,5%) en algunas zonas de la región de Siscunsi – Ocetá y en zonas de las penínsulas del lago; mientras que el riesgo “Muy alto” (3,3%) está concentrado en zonas específicas del páramo y del bosque alto andino. (AICCA - INGEAG, 2020).

## 2. Identificación de riesgos climáticos

Teniendo en cuenta la delimitación de las necesidades de adaptación para la cuenca, se realizó la identificación de los riesgos climáticos con base en las zonas resultantes calificadas como de “Alta” y “Muy alta” susceptibilidad de adaptación al Cambio Climático. Las variables analizadas dentro de la identificación de riesgos climáticos fueron: Retos climáticos (Riesgo climático y Amenaza por Cambio Climático) y Capacidad de adaptación (Dimensiones de Biodiversidad, Recurso Hídrico, Seguridad Alimentaria y Hábitat Humano).

Es importante destacar que en la identificación de riesgos climáticos se logró, a través de una síntesis, evaluar cuál es el subíndice crítico (vulnerabilidad y/o amenaza), y con esto definir algunos de los impactos que se pueden presentar en estas zonas. Ver tabla 3

| Nivel I Unidades hidrográficas | Nombre Nivel I U.h.                          | Elementos más importantes del riesgo climático   | Amenazas Climáticas   | Impactos relacionados con Cambio Climático (CC)  |
|--------------------------------|--|--|---|--|
| 351600                         | Lago de Tota                                 | Alta sensibilidad al Cambio Climático, debida al muy alto Índice de Uso del Agua (IUA)   | Cambios proyectados medios en precipitación y temperatura   |  |
| 351601                         | Directos Lago de Tota Sur - Aquitania        | Alta sensibilidad al Cambio Climático, debida al alto índice de uso de agua (IUA). Adema de conflictos de uso del suelo principalmente derivados del cultivo de cebolla.         | Cambios proyectados moderados en precipitación y temperatura  | De acuerdo con las amenazas climáticas y los riesgos, se pueden presentar impactos en variaciones de la disponibilidad de recurso hídrico, que pueden afectar la productividad agrícola en zona.   |
| 351602                         | Quebrada Ajjes                               | Vulnerabilidad alta debido al IUA alto, ya que en la zona hay producción de cebolla.   | Cambios proyectados moderados en precipitación y temperatura  |  |
| 351603                         | Directos Lago de Tota Península de Aquitania | Sensibilidad alta por índice de uso de agua (IUA) muy alto.  | Cambios proyectados moderados en precipitación y temperatura.                                       |  |
| 351604                         | Cañada Los Lamos                             | Sensibilidad alta por índice de uso de agua (IUA) muy alto. En algunas zonas se presenta erosión entre media a alta y movimientos de remoción en masa haciendo más vulnerable a. | Cambios moderados en temperatura y cambios medios y altos en el cambio de precipitación porcentual. | Según las amenazas y considerando los cambios altos proyectados en precipitación porcentual y las zonas erosionadas, los impactos pueden estar relacionados con movimientos de remoción en masa, degradación de suelos y aumentos súbitos del caudal en estas zonas. |

| Nivel I Unidades hidrográficas | Nombre Nivel I U.h.                    | Elementos más importantes del riesgo climático  | Amenazas Climáticas  | Impactos relacionados con Cambio Climático (CC)   |
|--------------------------------|--|---|--|---|
| 351605                         | Quebrada Aguablanca                    | Riesgo muy alto, a causa de una alta vulnerabilidad relacionada con la demanda del recurso hídrico, para consumo humano y actividades agropecuarias. Algunas zonas presentan problemas de inundación. | Cambio muy alto en precipitación porcentual.   | La amenaza que se presenta en esta zona es un cambio muy alto en la precipitación que, en consecuencia, puede generar un aumento en la disponibilidad hídrica, pérdida de servicio ecosistémico, inundaciones y aumentos súbitos del caudal de estas zonas.   |
| 351606                         | Quebrada Mugre                         | Sensibilidad alta debido al alto grado de degradación por vertimientos. Se presentan conflictos por el uso del suelo.   | Cambio muy alto en precipitación porcentual  |   |
| 351607                         | Río Tobal                              | Riesgo climático alto debido a los cambios proyectados en la precipitación y temperatura. Movimientos de remoción en masa en las zonas altas y erosión en algunas zonas.                              | Cambio muy alto en precipitación porcentual y en algunas zonas aumento de la temperatura | De acuerdo con las amenazas climáticas y los riesgos, se pueden presentar impactos en la disponibilidad hídrica, que pueden afectar la productividad agrícola en zona. Adicionalmente, por el aumento en la precipitación y los indicadores de sensibilidad, se pueden generar pérdidas por deslizamientos. |
| 351609                         | Directos Lago de Tota Este - Aquitania | Riesgo climático alto derivado del IUA alto y cambios altos en la precipitación porcentual  | Cambios altos en precipitación   | La amenaza que se presenta en esta zona es un cambio muy alto en la precipitación que, en consecuencia, puede generar un aumento en la disponibilidad hídrica, pérdida de servicio ecosistémico, inundaciones y aumentos súbitos del caudal de estas zonas.   |
| 351610                         | Quebrada Los Pozos                     | Riesgo climático alto debido a la baja capacidad adaptativa en la dimensión de recurso hídrico y una alta amenaza climática por cambios en temperatura y precipitación.                               | Cambios altos en temperatura y precipitación   | Cambios en la disponibilidad hídrica, que en este caso podría generar pérdida de servicios ecosistémicos de abastecimiento o provisión, pérdida de seguridad alimentaria, alteraciones en el crecimiento y desarrollo de especies de fauna y flora.   |
| 351611                         | Quebrada Los Corales                   | El riesgo climático está relacionado principalmente con los cambios en la precipitación   | Cambios altos en precipitación   | La amenaza que se presenta en esta zona es un cambio muy alto en la precipitación que en consecuencia puede generar un aumento en la disponibilidad hídrica, pérdida de servicios ecosistémicos de abastecimiento o provisión, debido a inundaciones, heladas y aumento súbitos del caudal de estas zonas.  |



| Nivel I Unidades hidrográficas | Nombre Nivel I U.h.                                       | Elementos más importantes del riesgo climático  | Amenazas Climáticas   | Impactos relacionados con Cambio Climático (CC)  |
|--------------------------------|---|---|---|--|
| 351612                         | Quebrada Salvia   | Alta sensibilidad por IUA alto  | Cambios altos en precipitación y moderados en la temperatura  | Cambios en la disponibilidad hídrica, que en este caso podría generar detrimento de servicios ecosistémicos de abastecimiento o provisión, pérdida de seguridad alimentaria, alteraciones en el crecimiento y desarrollo de especies de fauna y flora, así como alteraciones de las propiedades del suelo. |
| 351613                         | Directos Lago de Tota entre Quebradas Salvia y Las Cintas | Alta sensibilidad por IUA alto  | Cambios proyectados moderados en precipitación y temperatura. | De acuerdo con las amenazas climáticas y los riesgos, se pueden presentar impactos en variaciones de la disponibilidad del agua, que pueden afectar la oferta de servicios ecosistémicos.  |
| 351614                         | Quebrada Las Cintas                                       | Alta vulnerabilidad en la dimensión de biodiversidad, seguridad alimentaria y recurso hídrico. Zona de importancia ecológica, que en la actualidad presenta gran cantidad de concesiones de agua. | Cambios muy altos en la precipitación porcentual              | Considerando que el riesgo climático, está dado por una alta sensibilidad y por un cambio alto en la precipitación porcentual, esta zona de la cuenca se podría ver afectada por inundaciones, súbitas en los caudales, cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo (compactación).                |
| 351615                         | Quebrada El Salitre                                       | Alta sensibilidad debido a presiones altas en la zona.  | Cambios moderados en temperatura y bajos en precipitación     | En esta zona y debido a la sensibilidad y baja capacidad adaptativa se podría presentar un déficit en la disponibilidad del recurso hídrico, que pone en riesgo de igual forma la provisión de alimentos y las actividades agrícolas.  |
| 351616                         | Quebrada Los Rico   | Sensibilidad moderada por presiones y IUA medio.  | Cambios medios en temperatura y bajos en precipitación        |  |
| 351617                         | Directos Lago de Tota Oeste - Cultiva                     | Sensibilidad por IUA medio, presiones derivadas por problemas de erosión y movimientos de remoción en masa. Bajos niveles de capacidad adaptativa   | Cambios medios en temperatura y bajos en precipitación        | Debido a la baja capacidad adaptativa y en contraste con las amenazas climáticas, en la zona se pueden presentar impactos en la regulación hídrica y un deterioro de los corredores hídricos.  |
| 351618                         | Cañada Guaquira   | Vulnerabilidad está dada principalmente por la baja capacidad adaptativa en casi todas las dimensiones.   | Cambios medios en temperatura                                 | Los impactos estarían más que todo relacionados con la disponibilidad hídrica generando un déficit de esta.  |
| 351619                         | Directos Lago de Tota Oeste - Tota                        | Vulnerabilidad está dada principalmente por la baja capacidad adaptativa en casi todas las dimensiones  | Cambios medios en temperatura y bajos en precipitación        | Las amenazas climáticas identificadas pueden generar cambios en la disponibilidad hídrica de la zona, generando desabastecimiento en zonas agrícolas.  |
| 351620                         | Quebrada Casaría  | Vulnerabilidad está dada principalmente por la baja capacidad adaptativa en casi todas las dimensiones  | Cambios medios en la Temperatura                              | Desabastecimiento y alteración de procesos de crecimiento y desarrollo de flora y fauna.   |

| Nivel I Unidades hidrográficas | Nombre Nivel I U.h. | Elementos más importantes del riesgo climático  | Amenazas Climáticas   | Impactos relacionados con Cambio Climático (CC)   |
|--------------------------------|---------------------|---|---|---|
| 351621                         | Quebrada Donsiquira | Sensibilidad relacionada con los conflictos de uso del suelo, IUA alto. Además de amenazas altas por aumento en la temperatura. | Cambios altos en la temperatura                             | Impactos en la pérdida de cultivos, erosión del suelo, seguridad alimentaria y probabilidad de eventos de sequía, que pueden a su vez ocasionar incendios forestales.   |
| 351622                         | Quebrada Arrayanes  | El riesgo climático está relacionado principalmente con los cambios en la precipitación.  | Cambios moderados en precipitación                          | Impactos relacionados con la disponibilidad hídrica.  |
| 351623                         | Quebrada Guachal    | Presiones altas y capacidad adaptativa baja en tres de las dimensiones del análisis   | Cambios moderados a altos en precipitación                  | En esta zona y debido a la sensibilidad y baja capacidad adaptativa se podría presentar un déficit en la disponibilidad del recurso hídrico, que pone en riesgo de igual forma la provisión de alimentos y las actividades agrícolas.               |
| 351624                         | Quebrada Zapatero   | Capacidad adaptativa baja en casi todas las dimensiones   | Cambios medios en temperatura y precipitación               | Considerando que el riesgo climático está dado por la baja capacidad adaptativa en el territorio, se pueden generar impactos relacionados con la provisión de SE y seguridad alimentaria.   |
| 351625                         | Quebrada Hato Viejo | Riesgo climático asociado a los cambios en la precipitación porcentual  | Cambios medios en precipitación                             |   |
| 351626                         | Zanjón San Antonio  | Alta sensibilidad por IUA alto  | Cambios moderados en precipitación                          | De acuerdo con las amenazas climáticas y los riesgos, se pueden presentar impactos en variaciones de la disponibilidad del agua, que pueden afectar la productividad agrícola en zona.  |
| 351627                         | Río Olarte          | Sensibilidad alta por IUA entre bajo a alto.  | Cambios altos y muy altos en la temperatura y precipitación | Cambios en la disponibilidad hídrica, que en este caso podría generar pérdida de servicios ecosistémicos de abastecimiento o provisión, pérdida de seguridad alimentaria, alteraciones en el crecimiento y desarrollo de especies de fauna y flora. |

Tabla 3. Análisis climático por subcuenca en las zonas calificadas altas y muy altas, AICCA 2020

### 3. Definición de las opciones de medidas de adaptación

Bajo el anterior análisis climático y la identificación de las zonas con “Alta” y “Muy alta” susceptibilidad de adaptación al Cambio Climático, se realizó la definición de las opciones de medidas de adaptación, con base en la metodología de clasificación de la

“Guía de adaptación por el centro de estrategias climáticas, EE. UU.” (Center for Climate Strategies Adaptation Guidebook, Comprehensive Climate Action).

El capítulo 3 como el apéndice 3 de dicha guía, propone un catálogo de opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático que puede usarse como pauta para cualquier jurisdicción que lleve a cabo un proceso de planificación de adaptación, particularmente a nivel estatal. A su vez, este estructura las opciones de medidas de adaptación para cinco *áreas* claves, como lo son: actividades económicas, salud y sociedad, infraestructura y el entorno construido, sistemas naturales y problemas transversales. Dichas áreas describen un cierto número de *sectores* que comprenden un abanico de *opciones* específicas de medidas de adaptación. (The Center for Climate Strategies, 2006)

La representación espacial del catálogo de opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático para la cuenca, se realizó bajo diversos *sectores* agrupados por *áreas* clave que abarcan el ámbito de las posibles acciones que tomar. Mientras que las posibles *opciones* específicas de medidas de adaptación se enlistan con el propósito de contribuir con los actores, como los que toman las decisiones del territorio. Las medidas de adaptación que no figuren en el catálogo de opciones pueden ser apropiadas para considerarse en el proceso de adaptación.

Las ÁREAS CLAVES subclasificadas en sectores y definidas para la cuenca fueron: SISTEMAS NATURALES (Sistemas hidrológicos y conservación de vida silvestre y peces); ACTIVIDADES ECONÓMICAS (Prácticas de la agricultura, silvopastoril, turismo y recreación); y SALUD Y EDUCACIÓN (Acceso a agua, alimentos y aire de alta calidad y Educación y alcance).

Para definir las opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático para la cuenca, se realizó una matriz de decisión que permite la identificación espacial de los diversos sectores agrupados por áreas claves que abarcan el ámbito de las posibles acciones que podrían tomarse. Por lo tanto, se analizaron ciertos factores de delimitación topográfica (subcuencas del Lago de Tota, lago de Tota, cabeceras municipales y centros poblados, playa blanca) como factores climáticos y no climáticos (riesgo por CC, EEP, presiones), para las zonas resultantes calificadas como Alta y Muy alta susceptibilidad de adaptación al Cambio Climático. Todos obtenidos por el grupo de profesionales del proyecto AICCA con el apoyo de los profesionales del IDEAM.

Las zonas del lago de Tota, la cabecera municipal, los centros poblados y el área turística de playa blanca se analizaron independientemente de las zonas susceptibles de adaptación al Cambio Climático, para identificar de manera directa ciertos sectores agrupados por áreas clave que abarcan el ámbito de las posibles acciones.

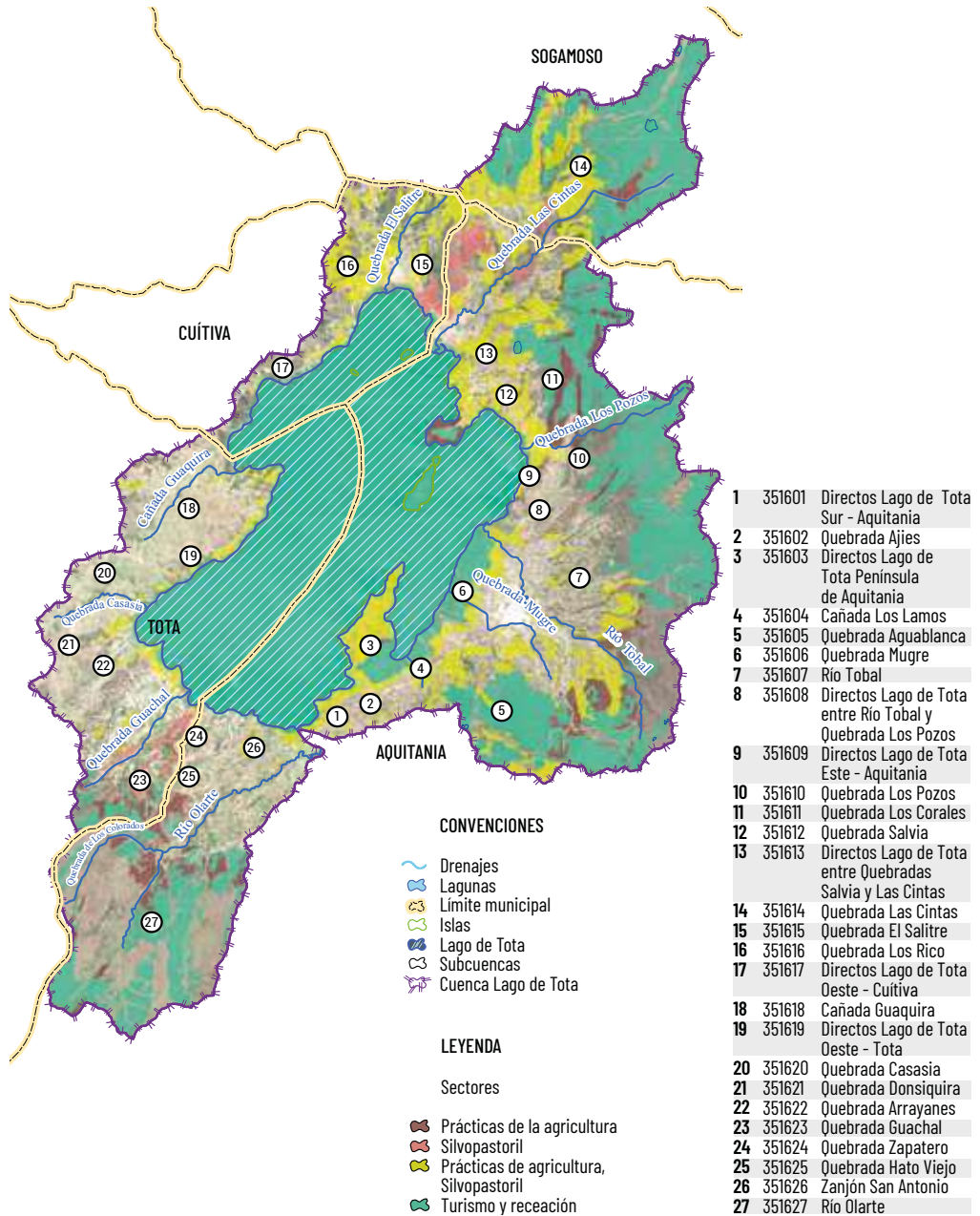
Ahora, para las subcuencas descartando las áreas del lago, la cabecera municipal de Aquitania, los centros poblados en la cuenca y el área turística de Playa Blanca, se identificaron diversos sectores agrupados por áreas claves, teniendo en cuenta el siguiente análisis:

- \* Zonas susceptibles de adaptación al Cambio Climático (Alta y Muy alta),
- \* Evaluación para cada categoría de la Estructura Ecosistémica Principal (Áreas núcleo, Áreas de transición, Áreas de uso múltiple, Corredores de conectividad y Corredores hídricos),
- \* Zonas con riesgo por Cambio Climático (Medio, Alto y Muy alto),
- \* Zonas con presiones (Media, Alta y Muy alta),
- \* Zonas con presiones (Muy baja y Baja).

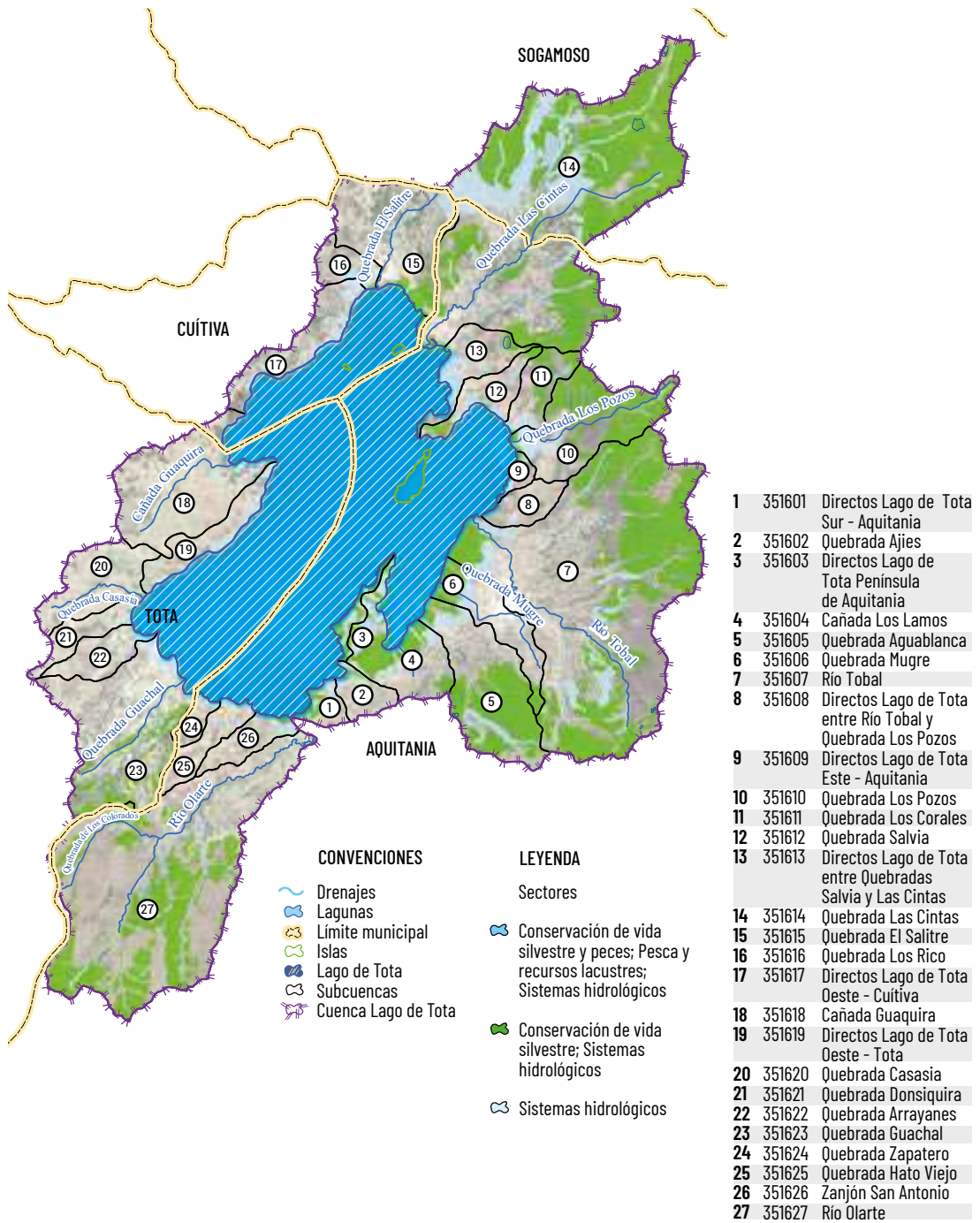
En total se identificaron 35 opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático con una posible implementación en diversas zonas de la cuenca, ya sea en el lago, la cabecera municipal de Aquitania y en los centros poblados en la cuenca Playa Blanca o en zonas con susceptibilidad de adaptación “Alta” y “Muy alta” basadas en las áreas de la estructura ecológica (Áreas núcleo, Áreas de transición, Áreas de uso múltiple, Corredores de conectividad y Corredores hídricos). Ejemplo: La medida “Activismo turístico, como estrategia de conservación y protección de zonas de importancia que fortalezcan el turismo, como actividad productiva sostenible” puede implementarse ya sea para la zona de Playa Blanca o para las zonas con susceptibilidad de adaptación “Alta” y “Muy alta” correspondientes al área núcleo según la estructura ecológica.

La representación espacial de los sectores de adaptación al Cambio Climático para la cuenca se diferenció para cada área clave, detallando los diversos sectores de estas.

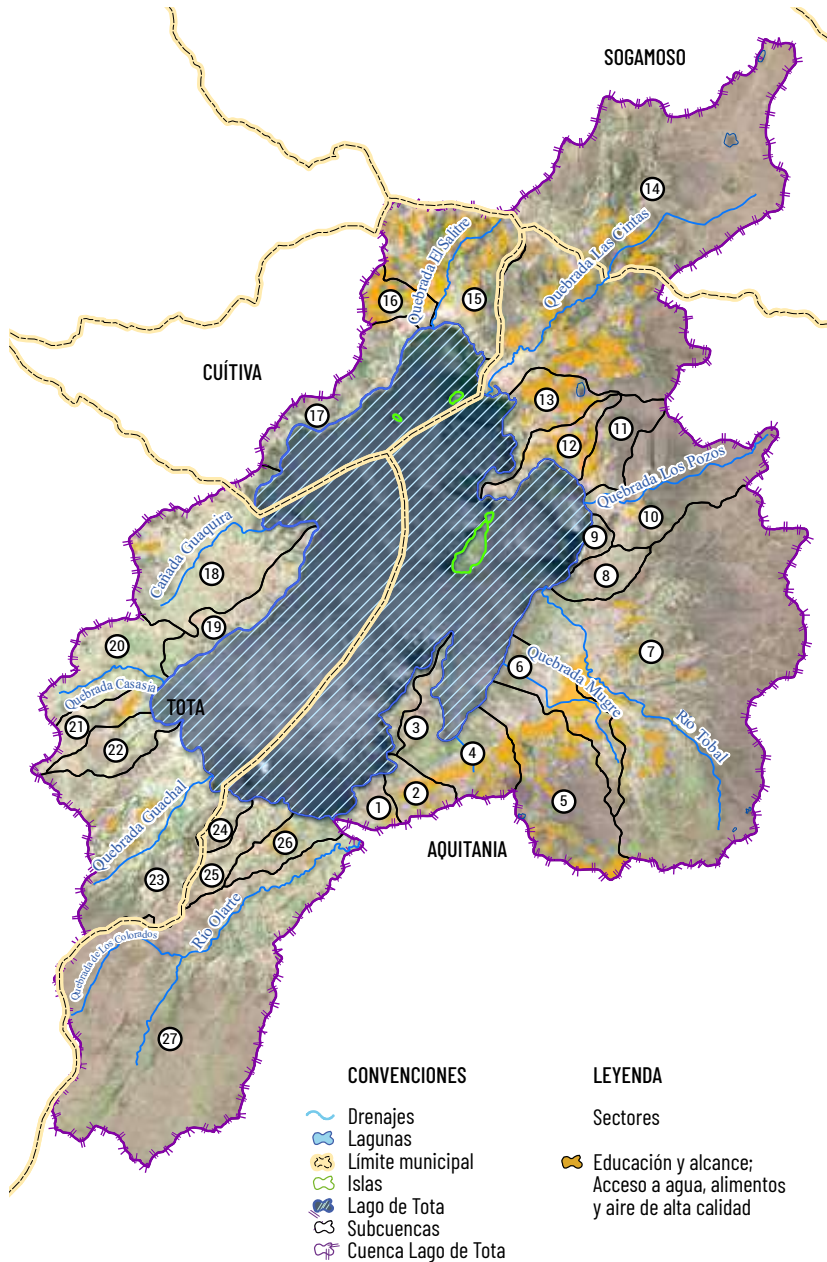
Los mapas 4, 5 y 6 representan las áreas claves (actividades económicas, sistemas naturales, salud y educación) respectivamente por sectores.



Mapa 4. Mapa de sectores de adaptación al CC bajo el área de Actividades Económicas, AICCA 2020



Mapa 5. Mapa de sectores de adaptación al CC bajo el área de Sistemas Naturales, AICCA 2020



- |    |        |  |
|----|--------|--|
| 1  | 351601 | Directos Lago de Tota Sur - Aquitania                      |
| 2  | 351602 | Quebrada Ajies   |
| 3  | 351603 | Directos Lago de Tota Peninsula de Aquitania               |
| 4  | 351604 | Cañada Los Lamos   |
| 5  | 351605 | Quebrada Aguablanca  |
| 6  | 351606 | Quebrada Mugre   |
| 7  | 351607 | Rio Tobal  |
| 8  | 351608 | Directos Lago de Tota entre Rio Tobal y Quebrada Los Pozos |
| 9  | 351609 | Directos Lago de Tota Este - Aquitania                     |
| 10 | 351610 | Quebrada Los Pozos   |
| 11 | 351611 | Quebrada Los Corales                                       |
| 12 | 351612 | Quebrada Salvia  |
| 13 | 351613 | Directos Lago de Tota entre Quebradas Salvia y Las Cintas  |
| 14 | 351614 | Quebrada Las Cintas  |
| 15 | 351615 | Quebrada El Salitre  |
| 16 | 351616 | Quebrada Los Rico  |
| 17 | 351617 | Directos Lago de Tota Oeste - Cúitiva                      |
| 18 | 351618 | Cañada Guaquira  |
| 19 | 351619 | Directos Lago de Tota Oeste - Tota                         |
| 20 | 351620 | Quebrada Casasia   |
| 21 | 351621 | Quebrada Donsiquira  |
| 22 | 351622 | Quebrada Arrayanes   |
| 23 | 351623 | Quebrada Guachal   |
| 24 | 351624 | Quebrada Zapatero  |
| 25 | 351625 | Quebrada Hato Viejo  |
| 26 | 351626 | Zanjón San Antonio   |
| 27 | 351627 | Rio Olarte   |

**CONVENCIONES**

- Drenajes
- Lagunas
- Límite municipal
- Islas
- Lago de Tota
- Subcuencas
- Cuenca Lago de Tota

**LEYENDA**

- Sectores
- Educación y alcance; Acceso a agua, alimentos y aire de alta calidad

Mapa 6. Mapa de sectores de adaptación al CC bajo el área de Salud y Educación, AICCA 2020

Para lo anterior se establecieron tres decisiones: la primera, cambiar el nombre del área “salud y sociedad”, expresado por The Center for Climate Strategies, por el de “salud y educación” dado que el término sociedad se comprende indirectamente y de manera transversal en todas las áreas claves que abarcan el ámbito de las posibles acciones que podrían tomarse. La segunda, no concretar el área “infraestructura y entorno construido” propuesta por The Center for Climate Strategies, teniendo en cuenta que las posibles acciones enmarcadas en esta quedarían por fuera del alcance que se tiene en el proyecto AICCA – Colombia. La tercera, no delimitar espacialmente acciones agrupadas por el área “problemas transversales” propuesta por The Center for Climate Strategies, teniendo en cuenta que estas se vienen trabajando dentro del proyecto para diversas zonas de la cuenca, generando opciones específicas de adaptación agrupadas bajo los sectores “ciencia e investigación”, “planificación y toma de decisiones” y “educación”.

De acuerdo con el análisis anterior se definieron 35 opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático definidas como *opciones de adaptación para la cuenca*.

## 4. Identificación de medidas de adaptación existentes y potenciales

Con base en las 35 opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático definidas para la cuenca, se realizó una identificación de medidas existentes y potenciales, y cuáles de estas podrían ser acciones complementarias más no acciones directamente relacionados a disminuir los riesgos climáticos.

| Área                   | Sector   | Id | Medida   |
|------------------------|--|----|--|
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS | Turismo y recreación   | 1  | Implementación de una propuesta de turismo sostenible.   |
| SISTEMAS NATURALES     | Sistemas hidrológicos / Conservación de vida silvestre y peces | 2  | Manejo sostenible de los ecosistemas de junjal, a través del enriquecimiento de la cobertura vegetal |
| SALUD Y EDUCACIÓN      | Acceso a agua, alimentos y aire de alta calidad                | 3  | Aislamiento y renaturalización de zonas ribereñas en las cabeceras municipales                       |
|                        |  | 4  | Infraestructura verde en las cabeceras municipales   |
|                        |  | 5  | Reutilización de aguas grises y aprovechamiento de agua lluvia de uso doméstico y comercial          |



| Área  | Sector   | Id | Medida  |
|---|--|----|---|
| SALUD Y EDUCACIÓN / ACTIVIDADES ECONÓMICAS  | Acceso a agua, alimentos y aire de alta calidad / Prácticas de la agricultura        | 6  | Jardines de vida, como estrategia de medios de vida sostenibles para aumentar la resiliencia en términos de seguridad alimentaria.  |
| SISTEMAS NATURALES                          | Conservación de vida silvestre   | 7  | Investigación participativa, para evaluar los impactos del cambio climático en áreas de páramo, con enfoque en la regulación y abastecimiento del recurso hídrico   |
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS                      | Prácticas de la agricultura  | 8  | Módulo de producción de fertilizantes orgánicos ***   |
|   |  | 9  | Sistemas eficientes de riego: sistemas productivos de la ruralidad  |
|   |  | 10 | Sistemas agroforestales (sistema Quesungual o Kuxur Rum)  |
|   |  | 11 | Diversificación de medios de vida: Sistemas productivos apícolas  |
|   |  | 12 | Diversificación de medios de vida: Cultivo de hongos comestibles y medicinales  |
|   |  | 13 | Diversificación de medios de vida: Cultivos de arándanos  |
|   |  | 14 | Diversificación de medios de vida: Cultivo de tubérculos nativos  |
| 15  | Cosecha de Agua Lluvia y Riego   |    |   |
| SISTEMAS NATURALES / ACTIVIDADES ECONÓMICAS | Conservación de vida silvestre / Prácticas de la agricultura                         | 16 | Cercas vivas***   |
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS                      | Prácticas de la agricultura  | 17 | Coberturas vivas  |
|   |  | 18 | Huertas agro-biodiversas***   |
|   |  | 19 | Centro de germinación agroforestal para la recuperación y propagación de semillas nativas en la cuenca del Lago de Tota   |
|   |  | 20 | Sistema de alertas tempranas para el sector agrícola  |
| SALUD Y EDUCACIÓN                           | Educación y alcance  | 21 | Escuelas del agua: Proceso de asesorías e implementación de recomendaciones técnicas y de gestión en acueductos Veredales.  |
| SALUD Y EDUCACIÓN / SISTEMAS NATURALES      | Acceso a agua, alimentos y aire de alta calidad / Sistemas hidrológicos              | 22 | Renaturalización y conservación de cauces, nacedores y zonas de recarga hídrica   |
| SISTEMAS NATURALES                          | Conservación de vida silvestre   | 23 | Iniciativa polinizadores: bioindicadores de conectividad. Incluiría identificar nodos de conectividad en donde se enriquezca la cobertura vegetal con árboles y arbustos florales (atrayentes de polinizadores) |
|   |  | 24 | Proceso de formación para la conformación de Reservas de la Sociedad Civil  |
|   | Sistemas hidrológicos  | 25 | Obras de bioingeniería o Ingeniería naturalística   |
| SISTEMAS NATURALES / ACTIVIDADES ECONÓMICAS | Conservación de vida silvestre - Sistemas hidrológicos / Prácticas de la agricultura | 26 | Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica con enfoque participativo***  |
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS                      | Prácticas de la agricultura  | 27 | Restauración de suelos degradados   |
|   | Silvopastoril  | 28 | Modelos de crecimiento silvopastoril bajo diferentes escenarios de cambio climático   |

| Área                   | Sector                      | Id | Medida   |
|------------------------|-----------------------------|----|--|
| SISTEMAS NATURALES     | Sistemas hidrológicos       | 29 | Red Fenológica: Monitoreo de aves como bioindicador  |
|                        |                             | 30 | Bancos forrajeros  |
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS | Prácticas de la agricultura | 31 | Implementación de principios agroecológicos en la finca bajo diferentes escenarios de cambio climático |
|                        |                             | 32 | Implementación de filtros caseros  |

| Área               | Sector  | Id | Acciones complementarias   |
|--------------------|---|----|--|
| SISTEMAS NATURALES | Conservación de vida silvestre                  | A  | Viveros en alta montaña  |
|                    |   | B  | Comunidades de conocimiento  |
| SALUD Y EDUCACIÓN  | Acceso a agua, alimentos y aire de alta calidad | C  | Estrategia de marketing y comercialización de productos, para fortalecer la diversificación de actividades productivas en la zona. |

\*\*\*Medidas existentes en la cuenca.

Tabla 4. Listado de medidas existentes y potenciales de adaptación al CC, AICCA 2020

Las acciones complementarias (A, B y C), son actividades adicionales transversales para algunas de las 32 medidas identificadas. En este sentido la implementación de estas acciones funciona como habilitantes para otras de las medidas evaluadas.

## 5. Revisión de las opciones de medidas en el contexto de la adaptación

Con el listado de 32 opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático y las 3 acciones complementarias, se realizó una revisión de las 32 opciones de medidas en el contexto de la adaptación y se definieron las medidas con los siguientes parámetros:

- \* Objetivo en el contexto de Cambio Climático.
- \* Amenazas relacionadas con Cambio Climático/eventos climáticos y meteorológicos.
- \* Otras amenazas.
- \* Impactos asociados a las amenazas.
- \* Hipótesis de adaptación.

En la tabla 5 se presenta un ejemplo de este proceso, que se realizó para las 32 medidas:

| Objetivo en el contexto de CC   | Amenazas CC/eventos climáticos y meteorológicos                        | Otras amenazas  | Impactos   | Hipótesis de adaptación  |
|---|--|---|--|--|
| Medida 1: Implementación de una propuesta de turismo sostenible, en la cuenca del Lago de Tota.   |  |   |  |  |
| Diversificar la economía local, a través del turismo, como actividad productiva con enfoque participativo, para disminuir presiones como la agricultura extensiva, que se encuentran en un riesgo alto por Cambio Climático, debido a los aumentos en precipitación y temperatura | Aumentos en la temperatura y precipitación/ lluvias extremas y sequías | Pérdidas de medios de vida/ pérdidas de servicios ecosistémicos | Por el alto riesgo climático que presentan muchas de las zonas agrícolas, las comunidades pueden verse afectadas en el mediano y largo plazo, por fenómenos extremos como lluvias extremas y sequías, que puedan causar pérdidas parciales y totales de cultivos | Debido a los cambios proyectados en temperatura y precipitación y las presiones en la cuenca, varias zonas pueden presentar problemas de degradación y pérdidas de cultivos, que no favorezcan el desarrollo de actividades agropecuarias, por lo cual se ha identificado primordial diversificar los medios de vida.<br><br>En este sentido el turismo ecológico, de naturaleza y el activismo turístico, son alternativas que están enfocadas en dos aspectos: aumentar la capacidad adaptiva de las comunidades y prepararlas para desarrollar este tipo de iniciativas, con la disminución las presiones en el territorio, en contextos climáticos cambiantes. |

Tabla 5. Análisis de las opciones de medidas bajo el contexto de la adaptación al CC, AICCA 2020

## 6. Evaluación de las opciones de medidas de adaptación a través de criterios de efectividad

Para el proceso de priorización de las opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático, se realizó la evaluación a través de criterios de efectividad propuestos por FEBA (2017) que también están recomendados en la guía de adaptación basada en ecosistemas, y que propone las siguientes preguntas orientadoras (Minambiente, 2017):

### Efectividad para el sistema humano.

¿La acción que se va a realizar contribuye a mantener o mejorar la capacidad adaptativa y reduce la vulnerabilidad de la comunidad frente a alguna amenaza relacionada con la variabilidad y el Cambio Climático, y a su vez genera co-beneficios?

## Efectividad para el ecosistema

¿La acción que se va a desarrollar contribuye a mantener o mejorar la capacidad adaptativa y reduce la vulnerabilidad del ecosistema o del(os) servicio(s) ecosistémico(s) frente a alguna amenaza relacionada con la variabilidad y el Cambio Climático, y a su vez genera co-beneficios o reduce presión de otros motores de pérdida?

## Efectividad financiera y económica

¿La medida que se va a implementar es costo-efectiva y económicamente viable en el largo plazo?

## Efectividad institucional y política

¿Cuál es el potencial de escalamiento de la medida a nivel institucional?

¿Cuál es la contribución de la medida al cumplimiento de metas de política pública?

## Generación e intercambio de conocimiento

¿La medida contribuye a la generación de información a nivel social y ecosistémico?

¿La medida propicia el intercambio de experiencias y el diálogo de saberes?

¿La medida reconoce y aplica el saber local?

Esta evaluación se realizó, calificando la efectividad bajo un rango de 1 a 3, siendo 1 baja efectividad y 3 alta efectividad. Con el fin de categorizar por prioridad de efectividad las opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático, se calculó el valor promedio de éste, arrojando un valor mínimo de 1,4 y un valor máximo de 2,8 para así definir 3 clases: Baja prioridad de efectividad (1,4-1,8), Media prioridad de efectividad (1,9-2,3) y Alta prioridad de efectividad (2,4-2,8).

El resultado obtenido de las 32 opciones de medidas de adaptación al Cambio Climático fue el siguiente:

2 medidas en categoría Baja (Id de la medida 4 y 23)

11 en categoría Media (Id de la medida 2, 5, 13, 16, 17, 20, 21, 24, 25, 30 y 32)

19 en categoría Alta (Id de la medida 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 22, 26, 27, 28, 29 y 31)

La tabla 6 presenta un ejemplo de la evaluación de efectividad

| Medida 1: Implementación de una propuesta de turismo sostenible, en la cuenca del Lago de Tota  |  |  |   |  |                    |
|---|--|--|---|--|--------------------|
| Efectividad (modelo Criterios AbE)  |  |  |   |  | Resultado promedio |
| Sistema Humano  | Ecosistema   | Financiero   | Institucional   | Generación e Intercambio de Conocimiento   |                    |
| Alta efectividad, debido al enfoque de la medida, en la disminución de actividades productivas de alto impacto, en el territorio y con riesgos climáticos en la zona. | Efectividad media, considerando que el turismo en la zona disminuye de forma moderada, la sensibilidad del ecosistema o la capacidad adaptativa del ecosistema, teniendo en cuenta que la zona comprende en su gran mayoría agricultura. | Efectividad alta, ya que la medida tiene alcance en el fortalecimiento y en la generación de herramientas para un grupo humano amplio. | Efectividad baja, ya que las instituciones de la zona actualmente no trabajan de forma activa en este tema. Actualmente los que lideran la actividad son grupos privados. | Efectividad alta, ya que se genera información base para el proceso de capacitación y tiene un impacto alto en la comunidad. | 2,6                |
| 3   | 2  | 3  | 2   | 3  |                    |

Tabla 6. Listado de opciones de medidas de adaptación al CC con Alta prioridad de efectividad, AICCA 2021

## 7. Evaluación de las opciones de medidas de adaptación a través del componente social

Identificadas las 19 medidas de adaptación al CC con Alta prioridad de efectividad, se tomó en consideración la calificación de dos criterios adicionales bajo el componente social para estas medidas, como son brechas de género y conflictos sociales . Estos dos criterios están comprendidos por variables y estas a su vez por factores, los cuales fueron calificados de igual manera que la efectividad (1 a 3) (Hernández, 2021):

### Criterio de contribución al cierre de brechas de género:

Variable “Autonomía de las mujeres”, conformada por factores como autonomía económica, autonomía en la toma de decisiones y validación de conocimientos propios.

Variable “Acceso y control de los recursos”, conformada por factores como producción agropecuaria, acceso al agua y acceso a beneficios del proyecto.

Variable “Impactos diferenciados de Variabilidad Climática/Cambio Climático”, conformada por factores como uso del tiempo en las labores de cuidado, uso del tiempo en las labores productivas y uso del tiempo en la participación dentro de procesos organizativos.

### Criterio de contribución a la resolución de conflictos:

Variable “Lago como objeto de explotación / Lago como ser vivo, sujeto de derechos”, conformada por factores como ¿contribuye al reconocimiento del Lago de Tota como sujeto de derechos? ¿Contribuye al reconocimiento del Lago de Tota como sujeto vivo? Y ¿contribuye a armonizar relaciones con el Lago de Tota?

Variable “Toma de decisiones unilaterales o desde intereses particulares e incumplimiento de normas establecidas / estrategias para la gobernanza”, conformada por factores como ¿contribuye a la toma de decisiones conjuntas sobre el territorio? ¿contribuye al cumplimiento y legitimidad de la normatividad ambiental vigente? Y ¿contribuye al cumplimiento de acuerdos y planes establecidos para optimizar el manejo del territorio?

Variable “Uso del agua para consumo humano y para diferentes actividades / preservación de servicios ambientales”, conformada por factores como ¿contribuye a equilibrar el uso del agua con su preservación? ¿Contribuye a comprender la importancia de conservar los servicios ecosistémicos para los procesos de producción? Y ¿contribuye a optimizar el uso del agua, considerando las necesidades de diversos actores sociales?

La calificación de los criterios bajo el componente social para las 19 medidas con Alta prioridad de efectividad se promedió, arrojando un valor mínimo de 2,0 y un valor máximo de 3,0 definiendo de esta manera 2 clases: Baja prioridad social (2,0-2,4) y Alta prioridad social (2,5-3,0).

El resultado obtenido de las 19 medidas con Alta prioridad de efectividad fue el siguiente: 4 medidas en la categoría Baja prioridad social (Id de la medida 3, 12, 18 y 22) y 15 en la categoría Alta prioridad social (Id de la medida 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 19, 26, 27, 28, 29 y 31).

En la tabla se presenta un ejemplo del proceso de evaluación bajo el componente social.

| Id | Medidas  | Componente Social  |  | Resultado promedio |
|----|--|--|--|--------------------|
|    |  | Contribución al cierre de brechas de género  | Contribución a la resolución de conflictos   |                    |
| 1  | Implementación de una propuesta de turismo sostenible, en la cuenca del Lago de Tota | Efectividad alta, ya que contribuye a la autonomía económica, cultural y en la toma de decisiones de las mujeres, su acceso y control sobre los recursos y a equilibrar las cargas entre el trabajo de cuidado y el de generación de ingresos. | Efectividad alta, ya que contribuye al afianzamiento de la gobernanza, el reconocimiento de derechos de la naturaleza. | 3,0                |
|    |  | 3  | 3  |                    |

Tabla 7. Listado de opciones de medidas de adaptación al CC con Alta prioridad de efectividad y Alta prioridad social, AICCA 2021

## 8. Medidas de adaptación diseñadas e implementadas

Con el objetivo de definir un alcance dentro del proyecto de implementación de medidas de adaptación al Cambio Climático en la cuenca del Lago de Tota, se definieron 9 medidas con Alta prioridad de efectividad y Alta prioridad social, para diseñar e implementar.

| Área                                       | Sector  | Medida  | Diseño de la medida         |
|--|---|---|-----------------------------|
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS                     | Turismo y recreación  | Implementación de una propuesta de turismo sostenible, en la cuenca del Lago de Tota  | Link de documento de diseño |
| SALUD Y EDUCACIÓN / ACTIVIDADES ECONÓMICAS | Acceso a agua, alimentos y aire de alta calidad / Prácticas de la agricultura | Jardines de vida, como estrategia de medios de vida sostenibles para aumentar la resiliencia en términos de seguridad alimentaria, en la cuenca del Lago de Tota. | Link de documento de diseño |
| ACTIVIDADES ECONÓMICAS                     | Prácticas de la agricultura   | Módulo de producción de fertilizantes orgánicos   | Link de documento de diseño |
|  |   | Sistemas productivos apícolas   | Link de documento de diseño |
|  |   | Cosecha de Agua Lluvia y Riego en la Cuenca del Lago de Tota.   | Link de documento de diseño |
|  |   | Centro de germinación agroforestal para la recuperación y propagación de semillas nativas en la cuenca del Lago de Tota   | Link de documento de diseño |

|   |  |   |                             |
|---|--|---|-----------------------------|
| SISTEMAS NATURALES / ACTIVIDADES ECONÓMICAS | Conservación de vida silvestre - Sistemas hidrológicos / Prácticas de la agricultura | Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica con enfoque participativo   | Link de documento de diseño |
| SISTEMAS NATURALES                          | Sistemas hidrológicos  | Red de Monitoreo Fenológico de Aves como bioindicadores de los efectos del Cambio Climático en la Cuenca del Lago de Tota | Link de documento de diseño |

Tabla 8. Listado de opciones de medidas de adaptación al CC a diseñar e implementar para el año 3 y 4, AICCA 2021

En este sentido a continuación se muestran las fichas de cada una de las medidas priorizadas para implementar en la cuenca del Lago de Tota.

## Referencias bibliográficas

- AICCA - INGEAG. (2020). *Caracterización, delimitación y definición participativa de un modelo conceptual de la estructura ecológica principal de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá, Colombia.
- AICCA. (2020). *Análisis de vulnerabilidad por cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá, Colombia.
- AICCA. (2020). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá, Colombia.
- DNP. (s,f). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, ABC: Adaptación Bases Conceptuales. Marco conceptual y lineamientos. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Plan\\_nacional\\_de\\_adaptacion/1.\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Adaptaci%C3%B3n\\_al\\_Cambio\\_Clim%C3%A1tico.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Plan_nacional_de_adaptacion/1._Plan_Nacional_de_Adaptaci%C3%B3n_al_Cambio_Clim%C3%A1tico.pdf)
- FEBA. (2017). *Hacer que la adaptación basada en ecosistemas sea eficaz: un marco para definir criterios de cualificación y estándares de calidad*. GIZ.
- Gobernación de Boyacá. (s,f). *Observatorio ambiental de Boyacá*. Obtenido de Importancia del Plan Integral de Cambio Climático de Boyacá (PICCB) : <http://www.boyaca.gov.co/ambiental/importancia-del-plan-integral-de-cambio-climatico-de-boyaca-piccb/>
- Hernández, L. H. (2021). *Documento con el plan de acción para las estrategias de involucramiento de las comunidades por tipo de actor para cada una de las medidas de adaptación, que sean priorizadas en el proceso de implementación*. Bogotá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.



- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia.
- Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; Cancillería. (2017). *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia*. Bogotá, Colombia. Obtenido de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC\\_COLOMBIA\\_CMNUCC\\_2017\\_2.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC_COLOMBIA_CMNUCC_2017_2.pdf)
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2017). *Cambio climático: selección, clasificación y diseño de medidas de adaptación*. México.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Ginebra, Suiza.
- Minambiente. (2017). *AbE. Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia*. Bogotá D.C: The Nature Conservancy.
- Ramírez, R. V. (2011). *Medidas de adaptación frente al cambio climático en la cuenca del río Santa*. Huaraz, Perú.
- The Center for Climate Strategies. (2006). *Center for Climate Strategies Adaptation Guidebook, Comprehensive Climate Action*. Washington, DC: Liz West Design.
- UNFCCC. (2020). *Adaptation and resilience*. Obtenido de <https://unfccc.int/es/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/que-significa-adaptacion-al-cambio-climatico-y-resiliencia-al-clima#eq-1>
- Zorrilla, M., & Kuhlmann, A. (2015). *Metodología de priorización medidas de adaptación al cambio climático*. GIZ: Ciudad de México.

# **MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA**

Medida de Adaptación

# Implementación de una propuesta de turismo sostenible en la cuenca del Lago de Tota

Medidas complementarias: Restauración ecológica y red fenológica de monitoreo de aves.



Dimensión



Hábitat Humano

Área



Actividades económicas

## Contexto general de la medida

El turismo sostenible consiste, principalmente, en el desarrollo de actividades del sector con estrategias de bajo impacto en los ecosistemas, en la diversidad y en los procesos biológicos, con el apoyo de la cultura local (Lazarro Blasco, 2005). De acuerdo con la Organización Mundial de Turismo (OMT), el turismo sostenible incorpora las siguientes prácticas principales (UNWOT, 2021):

- \* Usar de forma adecuada los ecosistemas, siendo conscientes de que son fundamentales para mantener el equilibrio antrópico y que esto prima sobre cualquier actividad productiva.
- \* Incentivar y fomentar la autenticidad sociocultural de las comunidades anfitrionas. Esto con el fin de conservar los activos culturales inmateriales que propician la reflexión y el diálogo intercultural.
- \* Asegurar que las actividades económicas en torno al turismo sean viables en el largo plazo y generen beneficios socioeconómicos.

El turismo como actividad productiva tiene implicaciones en la mitigación y adaptación al cambio climático. La respuesta del sector ha sido asumir el compromiso alineado con la ONU en los siguientes aspectos fundamentales:

- \* Mitigar las emisiones de GEI derivados del sector.
- \* Adaptar a las empresas y los destinos turísticos al cambio de las variables climáticas.
- \* Utilizar las nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia energética.

La actividad turística también enfrenta otros retos relacionados con la sostenibilidad. Uno de los más relevantes es procurar que los cambios generales del mundo, como el clima, no tengan un impacto determinante en el desarrollo de esta, es decir, que debe aumentar la capacidad adaptativa. Así mismo, las estrategias de fortalecimiento de la cadena de valor son un punto estratégico para definir un modelo de turismo sostenible.



### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Extremos de calor.
- \* Lluvias intensas.
- \* Uso insostenible de los recursos locales.



### Impactos atendidos

- \* Pérdida de productividad.
- \* Uso excesivo de ecosistemas naturales y/o atributos ecosistémicos.

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



Servicios de provisión



MP: Materias primas



Servicios culturales



IE: Información Estética



CE: Ciencia y Educación



IH: Información Histórica

### Co-beneficios en mitigación.

Con la propuesta se incentivan acciones de bajo impacto dentro del sector turístico y se diversifican medios de vida tradicionales, como la agricultura que produce Gases de Efecto Invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>).

### Enfoques de la medida

- Adaptación basada en Ecosistemas.
- Adaptación basada en Comunidades.



### Contexto y problemática atendida.

Los escenarios de cambio climático de la cuenca del Lago de Tota (bajo el Escenario Húmedo) muestran que para el periodo 2026-2050 se presentarían cambios en las lluvias; estas aumentarían entre un 15 y un 40%. Las temperaturas media, máxima y mínima, incrementarían en el orden de 0.5 a 1°C, con respecto a la variabilidad climática, se aprecia que los cambios serían cada vez mayores: en el periodo proyectado se presentarían aumentos de más del 100% en la precipitación o reducciones del 80% (Armenta Porras, 2019) .

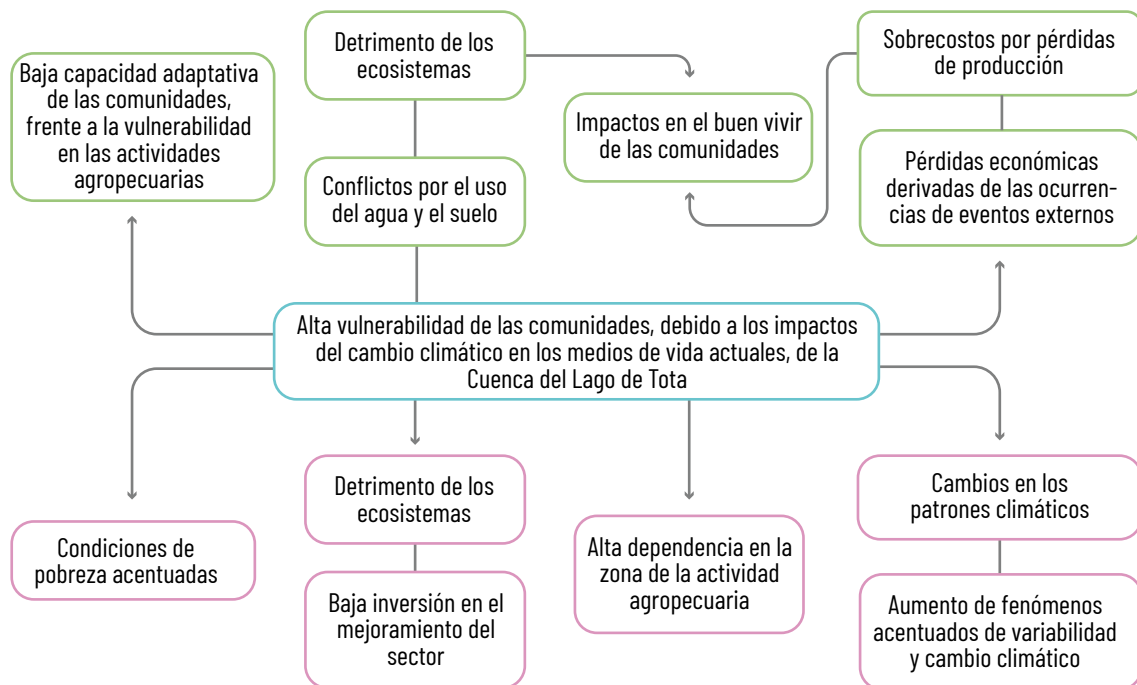
Estos cambios implican impactos en los diferentes y principales medios de vida en la cuenca del Lago de Tota, tanto para la agricultura y la ganadería, que son ya muy vulnerables a las condiciones atmosféricas en el corto y mediano plazo (García, 2020). Las problemáticas actuales sobre el manejo del uso del suelo, la dependencia predominante en las actividades agropecuarias y los cambios previstos en la temperatura y precipitación, propician condiciones de riesgo que pueden derivar en la disminución de la productividad

de los suelos agrícolas, contribuir a la pérdida de biodiversidad, afectar la oferta hídrica, favorecer la ocurrencia de desastres (Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELLERÍA, 2015) y por supuesto el encadenamiento de impactos socioeconómicos que afecta el buen vivir de las comunidades.

Lo anterior impone retos importantes para diversificar los medios de vida sostenibles, que propendan a disminuir presiones a los ecosistemas aledaños y que se adapten a las nuevas condiciones meteorológicas y climáticas a corto y mediano plazo, como sucede con el turismo sostenible.

A continuación, en la Figura 1, se presenta el árbol de problemas definido para esta Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

Figura 1. Árbol de problemas definido para la MACC turismo sostenible.  
Fuente: Elaboración propia



### Objetivo en el contexto de cambio climático.

Diversificar los medios de vida existentes a través del turismo sostenible con el fin de disminuir presiones hacia los ecosistemas y zonas productivas de la cuenca, relacionadas con los riesgos climáticos y sus impactos.



### Hipótesis de adaptación.

Debido a los cambios proyectados en temperatura y precipitación, y a las presiones en la cuenca, varias zonas pueden presentar problemas de pérdidas y degradación de cultivos que no favorecerían el desarrollo de actividades agropecuarias. Por esto es primordial diversificar los medios de vida, ya que las condiciones de vulnerabilidad se ven acentuadas por la interde-

pendencia que existe de las comunidades con el sector agropecuario.

El Lago de Tota está catalogado como una de las siete maravillas en el departamento de Boyacá, esto gracias a sus características naturales y a su diversidad cultural. Este destino se ha posicionado como un escenario único y un lugar predilecto para ser visitado (Garay Cortés & Ávila Poveda, 2016) . La propuesta de turismo sostenible en la cuenca del Lago de Tota tiene como fin aprovechar estos atributos y responder a los desafíos del cambio climático a través del fortalecimiento de la cadena de valor de esta actividad económica.

En este sentido el turismo sostenible como medida de adaptación **permitiría fortalecer y diversificar los medios de vida con prácticas sostenibles que potencien el valor cultural, natural e inmaterial de la cuenca del Lago de Tota en un contexto de variabilidad y cambio climático, disminuyendo a su vez presiones hacia los ecosistemas de la agricultura extensiva y prácticas inadecuadas del suelo.**



### Lugares potenciales de implementación.

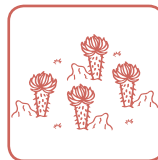
Comunidades de la cuenca del Lago de Tota, que estén interesadas en participar en la propuesta de turismo sostenible.



### Resultados esperados

\* Aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades a través del fortalecimiento del sector turístico sostenible.

- \* Promover la diversificación de los medios de vida en la cuenca del Lago de Tota a través del fortalecimiento de la cadena de valor del turismo sostenible.
- \* Fortalecer el turismo sostenible como actividad productiva de bajo impacto que ayuden a disminuir las presiones hacia el ecosistema.
- \* Aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades beneficiarias generado por el fortalecimiento de capacidades en turismo sostenible.



### Temporalidad de los resultados

Para la implementación se ha definido que los resultados se darían un (1) año después de implementadas las propuestas piloto de turismo sostenible.



### Beneficios de la implementación de la medida

#### Sociales



- Mejoramiento de las condiciones para ejercer la actividad de turismo en la Cuenca.
- Fortalecimiento de la capacidad técnica y organizacional de lo(a)s beneficiario(a)s.
- Apoyo en la generación de capacidades de liderazgo y emprendimiento.
- Reconocimiento de saberes locales y ancestrales.

#### Económicos



- Fortalecimiento de la cadena de valor del turismo sostenible.
- Apoyo a la economía familiar de lo(a)s beneficiario(a)s.
- Generación de empleo local de manera directa en el sector servicios.

#### Ecológicos



- Disminución de conflictos por el uso del suelo
- Promoción de ecosistemas naturales y Servicios Ecosistémicos de la cuenca del Lago de Tota
- Garantiza la protección y conservación de los ecosistemas



## Descripción de la metodología

De manera general, la metodología para el diseño e implementación de la medida de adaptación de diversificación a través del turismo sostenible es la siguiente:

**I. Diagnóstico socioambiental:** se realiza un análisis del contexto territorial, de los aspectos relevantes de los municipios, como lo son los principales sistemas productivos, ecosistemas principales, actores, nivel de gobernanza, entre otros.

**II. Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación:** en el análisis se integran los resultados obtenidos de escenarios de variabilidad y cambio climático, definición de la Estructura Ecológica Principal, presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo, la modelación hidrológica, con los cuales se determinan las zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación en los sectores de sistemas naturales, actividades económicas y educación. Se priorizan las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA\* y posteriormente se evalúan sobre el análisis de género, actores y conflictos (Alvarez Peña & Pérez Lora, 2020).

**III. Diseño de una propuesta de turismo sostenible en la cuenca del Lago de Tota:** en conjunto con actores prioritarios, se desarrollan las siguientes actividades principales:

- \* Definición de parámetros y lineamientos para un modelo de turismo sostenible que aporte a la adaptación del cambio climático.
- \* Identificación de actores activos y pasivos y sus roles dentro de la actividad turística en la cuenca del Lago de Tota, así como de la demanda del servicio turístico.

- \* Análisis a través de la investigación comunitaria, sobre cómo las actividades asociadas al turismo, que se desarrollen en la cuenca del Lago de Tota, pueden aportar a los procesos de adaptación al cambio climático.
- \* Inventario y revisión del estado actual de las actividades turísticas dentro de la cuenca del Lago de Tota.
- \* Planteamiento de principales problemáticas.
- \* Objetivos de la propuesta de turismo.
- \* Revisión de alternativas.
- \* Propuesta de cadena de valor de turismo sostenible: Perfilamiento de posibles turistas, propuesta de promoción de la oferta y estándares de la calidad de los servicios.
- \* Líneas estratégicas.
- \* Plan de Acción.

## IV. Validación y puesta en marcha de cinco (5) experiencias piloto de turismo sostenible para la adaptación en la cuenca del Lago de Tota, la cuales consistieron en:

1. Diseño y validación de una ruta turística de los ecosistemas estratégicos considerando la Estructura Ecológica Principal (EEP) y los escenarios de variabilidad y cambio climático (VC/CC), teniendo en cuenta los siguientes aspectos:
  - \* Revisión de estado, propiedad y figuras de conservación de las zonas a visitar: considerando el permiso de ingreso con actividades definidas a las zonas que sean de propiedad privada o de jurisdicción de alguna autoridad.
  - \* Revisión de aspectos logísticos relacionados con la ruta: costos, transportes, análisis de límites de uso o de capacidad de carga que establezcan números máximos de visitantes, coordenadas,



principales actividades en cada punto de la ruta, servicios complementarios.

- \* La elaboración de guiones interpretativos de la ruta.
- 2. Diseño y validación de una ruta de cocinas tradicionales, en la que se destaquen los saberes ancestrales y las costumbres culturales, con los siguientes aspectos a considerar:
  - \* Identificación de las iniciativas/lugares/actores representantes de las cocinas tradicionales dentro de la cuenca del Lago de Tota.
  - \* Revisión de aspectos logísticos relacionados con la ruta.
  - \* La elaboración de guiones interpretativos de la ruta.
- 3. Implementación de estrategias de activismo turístico<sup>1</sup> en la cuenca del Lago de Tota sobre el tema del cambio climático, que considere los siguientes aspectos:
  - \* Diseño de cada estrategia, junto con los actores comunitarios priorizados.
  - \* Realización de las estrategias con grupos priorizados.
- 4. Capacitación al sector hotelero, operadores náuticos, lancheros y emprendedores de turismo para mejorar sus prácticas ambientales considerando los siguientes aspectos:
  - \* Identificación de los principales impactos de la actividad hotelera en los ecosistemas con acciones propositivas para mejorarlos.
  - \* Convocatoria para las capacitaciones.
  - \* Desarrollo de capacitaciones con los representantes del sector hotelero y operadores náuticos.

- 5. Creación de un (1) espacio demostrativo de especies de flora, nativas y/o representativas, con una importancia ecosistémica. Para el desarrollo de esta experiencia se consideraron los siguientes aspectos:
  - \* Investigación y definición con los actores comunitarios de las especies de flora, nativas y/o representativas, con una importancia ecosistémica.
  - \* Realización de la plantación de 200 individuos de flora representativos.



### Lugares de implementación

La propuesta de turismo sostenible será implementada en zonas y lugares con atractivos y valores culturales y naturales de gran importancia en la cuenca del Lago de Tota de los municipios de Aquitania, Cuitiva, Tota y Sogamoso.



### Limitantes de la implementación de la medida

- \* El interés público y privado de implementar nuevas prácticas que permitan potenciar el desarrollo sostenible de la actividad turística.
- \* Posicionamiento de la actividad turística con enfoque sostenible y como medio de vida en la cuenca del Lago Tota.
- \* Lograr llegar a múltiples actores que potencien las propuestas piloto de la propuesta de turismo sostenible.
- \* Plantear una estrategia de mercadeo y publicidad para mejorar la cadena valor del sector.

1 Se entiende por activismo turístico, las acciones reales en pro a una situación (en este caso en el tema de cambio climático) que movilicen o que permitan que una cantidad considerable de personas (visitantes, turistas, entre otros) participe.

- \* Reactivar económicamente las comunidades de las zonas rurales donde se permita practicar el turismo sostenible.



### Disminución de las brechas de género

Con esta medida se contribuye a generar medios de vida que potencien el saber local de actividades lideradas históricamente por mujeres. Así mismo posibilita la generación de ingresos diversos que disminuyan la vulnerabilidad, relacionada con la dependencia actual hacia el sector agropecuario, el que su vez es más propenso a verse afectado por los impactos de variabilidad y cambio climático.

- \* Réplicas de las experiencias piloto de turismo sostenible.
- \* Cantidad de operadores, agremiaciones, grupos comunitarios fortalecidos para el desarrollo de la propuesta de turismo sostenible.
- \* Cantidad de personas que diversifican sus ingresos con la propuesta de turismo sostenible.



### Costos

Unidad básica: generación de la propuesta de turismo sostenible para cuenca del Lago de Tota e implementación de las 5 experiencias piloto.

| Principales rubros                       | Costos*      | Fuente de la información |
|--|--------------|--------------------------|
| Estudios, capacitaciones y apoyo técnico | \$19.200.000 | (AICCA, 2021)            |
| Insumos y materiales                     | \$15.330.000 | (AICCA, 2021)            |
| Total pesos                              | \$34.530.000 | (AICCA, 2021)            |

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)



### Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.

- \* Número de personas fortalecidas en el proceso de implementación de la propuesta de turismo sostenible.

## Referencias bibliográficas

- Álvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Catálogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. E. (2019). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- Garay Cortés, S., & Ávila Poveda, D. M. (2016). *Belleza boyacense: lugares atractivos cercanos al Lago de Tota como posibles destinos turísticos*. Bogotá D.C.: Universidad EAN.
- García, M. (2020). *Plan de Extensión Agropecuaria ajustado para la cuenca del Lago de Tota*. AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente.
- Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.
- INGEAC. (2019). *La Estructura Ecológica de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente, CAF.
- Lazarro Blasco, M. (2005). *Jornadas sobre Turismo Sostenible en Aragón 2005*.
- UNWOT. (13 de Mayo de 2021). *World Tourism Organization*. Obtenido de World Tourism Organization: <https://www.unwto.org/sustainable-development>

## Otros referentes bibliográficos usados para la propuesta de turismo sostenible.

- CONPES 3801. 2014. *Manejo Ambiental Integral de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota*.
- Gómez, R. 1978. El Lago de Tota. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*. 113: 33.
- Martínez, C. 2018. *Sentidos de lugar y conflictos socioambientales en el territorio acuático del Lago de Tota-Boyacá*. Tesis de grado para optar por el título de Antropólogo. Área de investigación: Procesos Sociales, Territorios y Medio Ambiente. Línea: Naturalezas, Culturas y Territorialidades. Universidad Externado de Colombia. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Antropología Bogotá.
- Ruíz-Guerra, C. y Y. Cifuentes-Sarmiento. 2021. *Aves acuáticas de Colombia*. Asociación Calidris.
- Zambrano, P., Fajardo, C. y H. & Cepeda 2014. *Patrimonio Cultural Inmaterial Cuenca del Lago de Tota*. Convenio Patrimonio Cultural Inmaterial desde la perspectiva local Bogotá: Ministerio de Cultura & Tropenbos Internacional Colombia.
- Zuluaga-Bonilla, J. y D. Macana-García. 2016. *La avifauna actual del lago de Tota, Boyacá, Colombia: área importante para la conservación de las aves*. *Biota Colombiana* 17 (2): 138-162. doi.org/10.21068/c2016.v17n02a10.



Medida de Adaptación

# Centro de germinación agroforestal para la recuperación y propagación de semillas nativas en la cuenca del Lago de Tota.

Medidas complementarias: restauración ecológica.

Dimensión



Biodiversidad



Seguridad alimentaria

Área



Sistemas naturales

## Contexto general de la medida

Hay una fuerte presión sobre los ecosistemas a nivel nacional; el crecimiento de la frontera agrícola ha causado problemas de deforestación, que acentúan los impactos provocados por el cambio climático. Esta situación ha motivado una serie de iniciativas que buscan implementar acciones de restauración ecológica en ecosistemas estratégicos (Vergara & Del Amo Rodríguez, 2002). Lo anterior supone retos en la producción de material vegetal nativo adecuado, para el éxito de los objetivos de un proceso de restauración ecológica.

El centro de germinación agroforestal es un conjunto de instalaciones técnicas para la recolección, recuperación, germinación, reproducción y abastecimiento de diversas especies forestales nativas y agrícolas, necesarias para la restauración ecológica y para las diferentes iniciativas de seguridad y soberanía alimentaria.

Este es un espacio propicio para investigar, experimentar y potenciar las prácticas de propagación de especies forestales y agrícolas, nativas y criollas

que se encuentran en riesgo o de algunas otras con importancia ecosistémica.

Las principales componentes del centro de germinación (Piñuela, Guerra, & Pérez-Sánchez, 2013; Bonilla, Pino, & Logroño, 2014) son:

- \* Germinadores: son lugares para la germinación y desarrollo inicial vegetal.
- \* Zona de trasplante.
- \* Zona de crecimiento y rusticación.
- \* Sistema de riego y almacenamiento de agua.
- \* Zona de compostaje.

La propagación puede realizarse de forma sexual, por semilla, o asexualmente, utilizando otras partes de la planta, como los rebrotes, estacas y acodos (Piñuela, Guerra, & Pérez-Sánchez, 2013).

Finalmente, un centro de germinación es vital para emprender procesos de restauración ecológica y proveer Servicios Ecosistémicos (SE) culturales y de provisión, como la conservación de recursos genéticos, aportes a la ciencia y la educación, producción de materias primas, entre otros.



### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Extremos de calor.
- \* Vientos fuertes.
- \* Lluvias intensas.
- \* Uso insostenible de los recursos locales.



### Impactos atendidos

- \* Pérdida de ecosistemas.
- \* Menor disponibilidad de agua.
- \* Incendios forestales.
- \* Erosión.
- \* Pérdida de cosechas.
- \* Menor seguridad alimentaria.

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



### Servicios de regulación



RH: Regulación hídrica



FS: Formación del suelo



HA: Hábitat y alimento para especies



CB: Control biológico



P: Polinización



### Servicios de provisión



RG: Recursos genéticos



IE: Información Estética



### Servicios culturales



CE: Ciencia y Educación

### Co-beneficios en mitigación.

Al contar con material vegetal, se incentiva la plantación de individuos arbóreos que capturan CO<sub>2</sub>.

### Enfoques de la medida.

- Adaptación basada en Ecosistemas.
- Adaptación basada en Comunidades.



### Contexto y problemática atendida.

En la cuenca del Lago de Tota son evidentes una serie de problemáticas ambientales como la pérdida de coberturas boscosas a causa de los incendios forestales en la época seca, o la afectación de los ecosistemas de Páramo, que ocurre como consecuencia del crecimiento de la frontera agropecuaria, entre otras. Esto ha generado una alta fragmentación de los ecosistemas de la cuenca y por ende un detrimento de la calidad y cantidad de Servicios Ecosistémicos (SE) que prestan los mismos (Ricaurte Ayala, 2004; INGEAG, 2019), lo que en consecuencia provoca una baja capacidad adaptativa para afrontar los cambios adversos del clima.

Adicionalmente es importante destacar que en la zona, se encuentran pequeños relictos de Bosque Alto Andino representados por especies de mortiño y chite, y existe una predominancia de plantaciones de Alisos, Pinos, Acacias (Ricaurte Ayala, 2004). Lo anterior evidencia una grave disminución de especies nativas propias de los ecosistemas de la cuenca, que tienen un valor ecosistémico y que en muchos casos

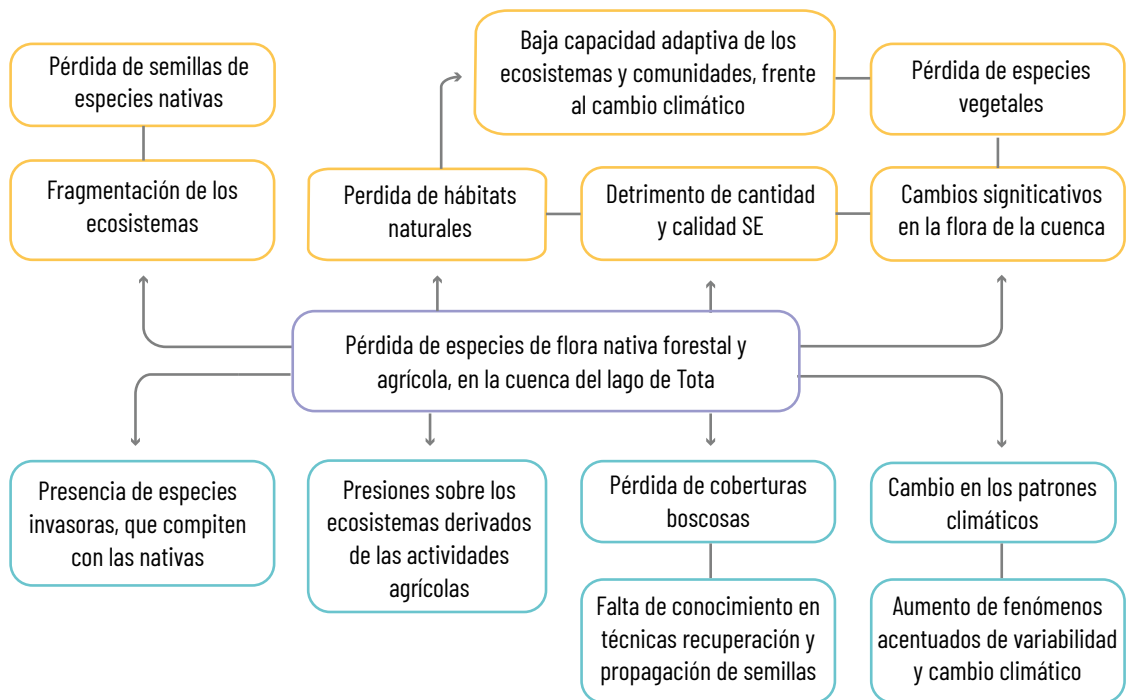
ayudan a regular y atenuar los impactos de la variabilidad y el cambio climático.

De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático de la cuenca del Lago de Tota, en la dimensión de biodiversidad se aprecian niveles de riesgo climático de moderados a altos en las veredas de Cuítiva y Tota. Esto se debe principalmente por la afectación que tendrían los ecosistemas con los cambios proyectados del clima, sumado a los altos niveles de sensibilidad relacionados con el crecimiento de la frontera agrícola y los niveles de erosión moderada. Adicionalmente, en la dimensión de seguridad alimentaria, se conoció que las veredas de Cuítiva, Tota y Sogamoso son las de mayor riesgo climático, con niveles muy altos, relacionados con el bajo porcentaje de inversión en el sector agrícola y los altos índices de pobreza en la zona que se acentúan con los cambios en precipitación y temperatura (Porrás Armenta, 2020).

Esta situación implica retos importantes, en cuanto acciones de restauración ecológica en las zonas altamente intervenidas y en los ecosistemas estratégicos; así como la implementación de sistemas productivos agrícolas para el autoabastecimiento, con el objetivo de garantizar seguridad alimentaria en el territorio, en un contexto de variabilidad y cambio climático. Sin embargo, considerando la falta de vegetación y de semillas nativas, es necesario fortalecer el conocimiento y prácticas existentes en la recolección, recuperación, germinación, reproducción y abastecimiento de diversas especies nativas forestales y agrícolas.

A continuación, en la Figura 1, se presenta el árbol de problemas definido para esta Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

Figura 1. Árbol de problemas definido para la MACC centro de germinación. Fuente: Elaboración propia.







### Objetivo en el contexto de cambio climático.

Aumentar la oferta y disponibilidad de especies agroforestales nativas y criollas, para la restauración ecológica y la producción de alimentos variados, que favorezca la agrobiodiversidad y la recuperación de los Servicios Ecosistémicos, en contextos de variabilidad y cambio climático.

Adicionalmente se espera mejorar la capacidad adaptativa de las comunidades, a través del fortalecimiento en las técnicas de recolección, propagación, germinación y recuperación de semillas nativas agroforestales.



### Hipótesis de adaptación.

Considerando los resultados del análisis de vulnerabilidad en la dimensión de biodiversidad y sobre todo las condiciones de sensibilidad y amenaza, se prevén eventuales cambios, que podrían afectar las dinámicas ecosistémicas. Esto podría ocasionar impactos en la fauna y flora, las condiciones del suelo y en la agrobiodiversidad. A esta situación se suma el grado de intervención, la fragmentación de los ecosistemas y los problemas de deforestación que generan una baja capacidad adaptativa de los socio ecosistemas en la cuenca del Lago de Tota.

Lo aumentos de la temperatura pueden causar graves afectaciones en la biodiversidad, por ejemplo, las especies de ecosistemas de Páramo y Bosque Alto andino se ven particularmente afectas por dos razones (Hofstede, y otros, 2014):

- \* Las adaptaciones específicas a condiciones climáticas de algunas especies, que se ven afectadas por cambios en el clima, causan que otras especies ocupen estos nichos o compitan por ellos.
- \* La extensión limitada de los ecosistemas, debido a barreras físicas que no les permite crecer hacia otras áreas y moverse.

A nivel agrícola no es diferente el cambio climático, afecta la humedad del suelo y por ende la producción de varios alimentos (AICED, 2018).

Todo lo anterior se ve relacionado con la pérdida de semillas y especies vegetales, tanto en el ámbito agrícola como el forestal, ya que por un lado se ha disminuido la tradición de mejorar y recolectar semillas nativas y criollas y por otra parte algunas especies han perdido su capacidad de adaptarse frente a las intensas variaciones, relacionadas con el cambio climático. Sin embargo, se ha demostrado que **las semillas nativas tienen ventajas genéticas que, dependiendo de la especie, pueden tener condiciones de adaptabilidad frente a los cambios en precipitación y temperatura, haciendo los ecosistemas y sistemas productivos más resilientes al cambio y variabilidad climático** (AICED, 2018). En este sentido es importante fortalecer al territorio para recuperar, propagar e intercambiar variedades de semillas nativas, **con el fin de contar con material agroforestal para implementar acciones de restauración ecológica y fomentar la agrobiodiversidad de la cuenca, potenciando los saberes propios en torno a este tema, que puede aumentar la capacidad adaptativa territorial.**



### Lugares potenciales de implementación.

Zona de uso comunitario dentro de la cuenca del Lago de Tota, destinadas para:

- \* La protección ecológica.
- \* Aulas ambientales o
- \* Cualquier destinación de bajo impacto.



### Resultados esperados

- \* Aumentar la oferta y disponibilidad de material vegetal mediante la propagación y conservación de especies agroforestales con importancia ecosistémica, que tienen mayor potencial de adaptación a las condiciones de variabilidad y cambio climático.
- \* Propagar especies agroforestales con importancia ecosistémica y/o que tengan condiciones de adaptabilidad a la variabilidad y cambio climático.

- \* Fomentar la práctica de recuperación de semillas y especies agroforestales.
- \* Apoyar los procesos de restauración ecológica y seguridad alimentaria, en la cuenca del lago de Tota.



### Temporalidad de los resultados

Para la implementación se ha definido que los resultados se darían un (1) año después de implementado el centro de germinación, considerando las etapas de crecimiento de los individuos arbóreos y plántulas.



### Beneficios de la implementación de la medida

#### Sociales



- Fortalecimiento de la capacidad técnica relacionada con la recuperación y propagación de especies nativas agroforestales.
- Rescate y fortalecimiento de saberes locales y ancestrales, sobre las semillas nativas en el territorio.
- Aumento de la seguridad y soberanía alimentaria.

#### Económicos



- Disponibilidad de plántulas de especies forestales para sistemas agrobiodiversos en huertas a cielo abierto o bajo invernaderos.
- Generación y fomento a la diversificación del trabajo local en el centro de germinación y en procesos de restauración ecológica.
- Generación de ingresos por la venta del material agroforestal del centro de germinación.

#### Ecológicos



- Material vegetal para procesos de restauración ecológica en la cuenca.
- Aumento de agrobiodiversidad en la cuenca del Lago de Tota.
- Sensibilización sobre el cuidado de la biodiversidad en general de la cuenca.
- Promoción sobre el cuidado de ecosistemas naturales y Servicios Ecosistémicos (SE) de la cuenca del lago de Tota.



## Descripción de la metodología

De manera general la metodología para el diseño e implementación del centro de germinación es:

**I. Diagnóstico socioambiental:** desarrollo de un análisis del contexto territorial, de los aspectos relevantes de los municipios, como lo son los principales sistemas productivos, ecosistemas, actores, nivel de gobernanza, entre otros.

**II. Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación:** en el análisis se integran los resultados obtenidos de escenarios de variabilidad y cambio climático, definición de la Estructura Ecológica Principal (EEP), presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático y la modelación hidrológica. Con lo cual se determinaron zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación en los sectores: de sistemas naturales, actividades económicas y educación. Se priorizaron las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA\* y posteriormente se evaluaron sobre el análisis de género, actores y conflictos (Álvarez Peña & Pérez Lora, 2020).

**III. Revisión de iniciativas locales sobre la recuperación de semillas:** durante esta revisión se consideró el diagnóstico socio-ecológico de la cuenca del Lago de Tota, donde se identificaron las iniciativas de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), emprendimientos y proyectos en cada municipio, con enfoque en adaptación al cambio climático. En este sentido se priorizó la iniciativa del municipio de Tota, sobre la creación de un vivero municipal agroforestal de especies de alta montaña.

**IV. Articulación de la estrategia de vivero con el centro de germinación:** considerando la alineación de objetivos, se definieron aspectos de integración, para

la puesta en marcha de un centro de germinación en el vivero municipal de Tota, donde se establecieron los compromisos, requerimientos y necesidades para la implementación.

**V. Diseño e implementación del centro de germinación:** de acuerdo con el área municipal destinada para el centro de germinación se desarrollaron los siguientes elementos en el diseño (ver ilustración 1) e implementación en un área aproximada de 80m<sup>2</sup>:

**a. Bancos germinadores en metal:** conformados por una estructura en ángulo, con anclaje en concreto al piso, instalación de guaya entretejido para colocar bolsas o bandejas germinadoras, con instalación de un túnel para polisombra y plástico itinerante durante el proceso de germinación.

**b. Bancos germinadores en madera plástica:** conformados con estructura de madera plástica, con anclaje en concreto al piso, para polisombra y plásticos itinerantes durante el proceso de germinación.

**c. Sistema de riego que consta de:**

\* Sistema de bombeo con motobomba eléctrica de potencia automático.

\* Filtros y manómetros.

\* Tablero programador de riego por ciclos.

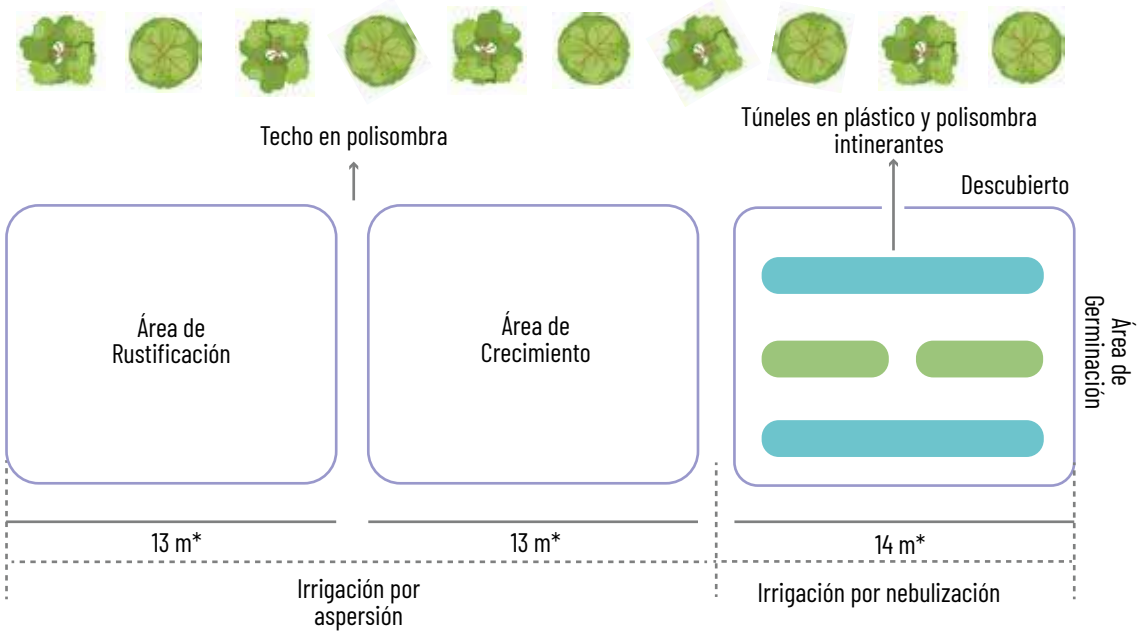
\* Instalación de nebulizadores en los módulos de germinación.

\* Instalación de aspersores en la zona de plantación (crecimiento).

\* Reja de seguridad con anclaje al piso para proteger el sistema eléctrico.

**d. Selección de especies a propagar:** considerando los ecosistemas principales de la cuenca del Lago de Tota y en particular los que requieren de acciones de restauración, se seleccionaron una variedad de especies forestales de ecosistema Bosque

Cerca Viva/ aislamiento con malla tipo pajarito



2 Bancos en metal. Banco de estructura en ángulo de hierro 1,3 m de ancho x 1.20 cm de alto, con anclaje en concreto al piso. Cada base se instala a 1,5 m de distancia hasta completar 6 metros de largo. Con instalación de guaya entretejido para colocar bolsas o bandejas germinadora para hortalizas y forestales.

2 Bancos en madera plástica. Banco de estructura de madera plástica de 1,3 m de ancho x 1.20 cm de alto, con anclaje en concreto al piso. Cada base se instala a 1,5 m de distancia hasta completar 6 metros de largo. Con instalación de guaya entretejido para colocar bolsas o bandejas germinadora para hortalizas y forestales.

\*Las medidas son ilustrativas y pueden variar en el proceso de implementación

Ilustración 1. Plano del diseño del centro de germinación del municipio de Tota.

Alto Andino y Páramo. Lo anterior, revisando la presencia de estas especies y que las mismas cumplieran con las características para producir materia orgánica, humedad del suelo, alimento para la avifauna y refugio para la macro y micro fauna (Asociación Bosque Nativo, 2021) (ver Anexo 1. Listado de especies).

e. Diseño e implementación de acciones demostrativas de rehabilitación y/o restauración ecológica:

se realizaron diversas propuestas demostrativas en un área de 0,4 Ha para el uso de las especies propagadas dentro del centro de germinación, donde se definieron seis principales (6) acciones:

- \* Núcleos de vegetación nativa: se establecieron 3 núcleos de vegetación nativa de Bosque Alto Andino y Páramo; conformados por especies de rápido crecimiento, que soportan condiciones microclimáticas (temperatura y humedad), para

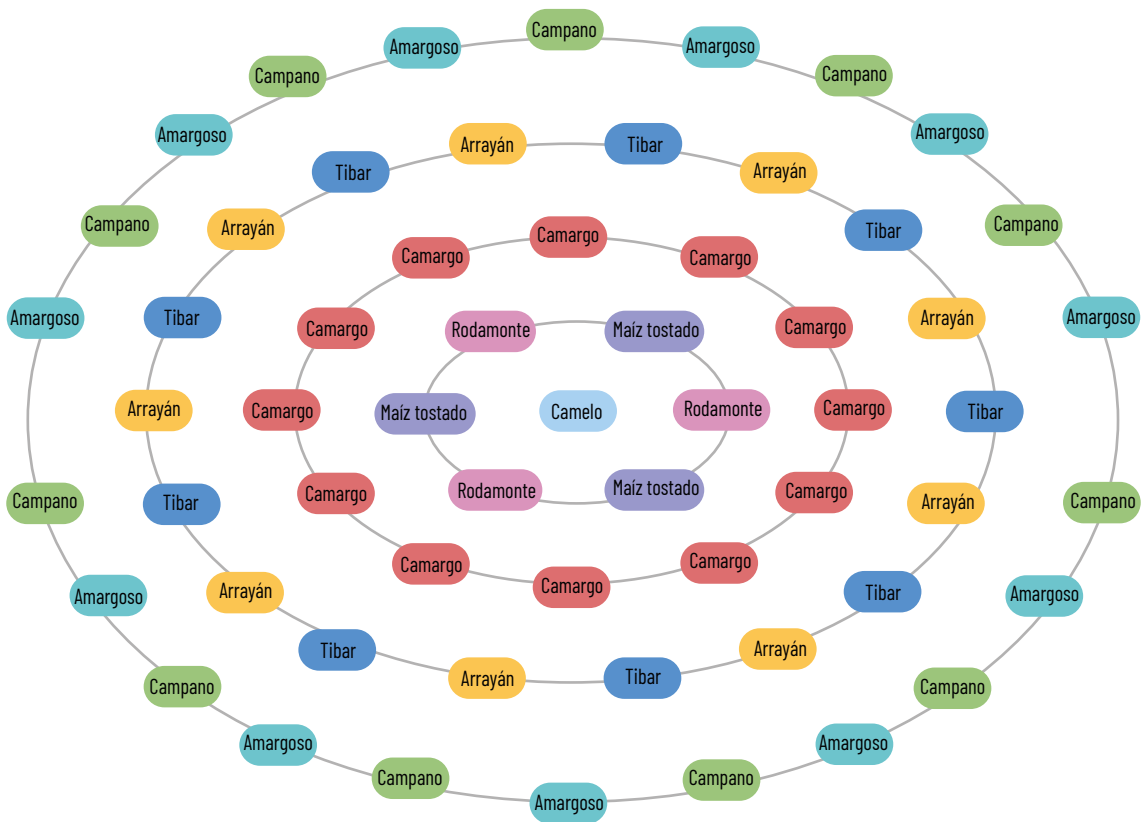


Ilustración 2. Ejemplo Arreglos florísticos: núcleo de vegetación de especies de Páramo. Fuente (Asociación Bosque Nativo, 2021).

ayudar a las especies de lento crecimiento en su establecimiento (Corbin & Holl, 2012). Los núcleos aportan mayor heterogeneidad al hábitat en pequeña escala, potenciando el restablecimiento de los procesos ecológicos, del ciclo de nutrientes, entre otras condiciones (Díaz-Páez & Polanía, 2017; Asociación Bosque Nativo, 2021) (ver Ilustración 1. Ejemplo de uno de los diseños de los núcleos con especies de Páramo).

- \* Otra de las estrategias complementarias dentro de los núcleos, es la siembra de *Lunipinus SP*, la cual es una especie niñera, que reduce los impactos en las plantas, frente a condiciones y fenómenos acentuados de variabilidad climática (Asociación Bosque Nativo, 2021).
- \* Franja ripiara: se implementó un diseño en la franja ripiara de 3 líneas de vegetación arbórea compuesta por 162 individuos. La distancia de siembra fue de 1.3 m. La cual tiene el fin de generar una zona de amortiguamiento, protección

del agua y del hábitat para especies de avifauna (Asociación Bosque Nativo, 2021).

- \* Barrera natural: consiste en crear una línea árbol-arbusto para constituir una cerca viva, que realice la protección frente a fenómenos de variabilidad climática dentro del centro de germinación y las áreas de restauración propuestas (Asociación Bosque Nativo, 2021).
  - \* Zonas de enriquecimiento: se realizó una estrategia de control de la especie *Accacia decurrens*, que consistió en establecer varias zonas de enriquecimiento alrededor de esta especie invasora, para crear competencia y evitar que se expresen los bancos de semillas (Asociación Bosque Nativo, 2021).
  - \* Aislamiento perimetral: finalmente se estableció un asilamiento perimetral con malla tipo pajarito para proteger las especies vegetales de animales domésticos y ganado, que afecte el crecimiento y supervivencia de las acciones de restauración y de los individuos del centro de germinación.
- f. **Fortalecimiento del proceso de producción de biofertilizantes líquidos y sólidos:** de acuerdo con la infraestructura del vivero municipal se realizaron adecuaciones para el módulo de producción de compost a través de un lombricultivo, producción de bocashi y supermagro líquido.
- g. **Fortalecimiento de capacidades y estrategia de sostenibilidad:** a partir de un curso de viverismo en diversas jornadas de capacitación con actores de la cuenca interesados en temáticas de propagación de material forestal nativo, plantación y preparación de biofertilizantes. Se imparte un contenido temático que comprende formación desde el diseño, tipos de viveros, funcionamiento, identificación de fuentes semilleras, tipos de pro-

pagación, diseño e implementación de diferentes técnicas de restauración ecológica de un área, para la conservación, recuperación y/o rehabilitación de ecosistemas de alta montaña, como estrategias de adaptación al cambio climático.



### Lugares de implementación.

El centro de germinación se encuentra ubicado en el municipio de Tota, vereda La Puerta.



### Limitantes de la implementación de la medida.

- \* Garantizar personal para la operación y mantenimiento.
- \* Mantener modelos administrativos sostenibles en el largo plazo.
- \* Articular las actividades del centro de germinación con las diferentes acciones de restauración ecológica, en la cuenca del Lago de Tota.
- \* Potenciar las actividades del centro de germinación, a través de las alianzas con modelos de negocios o iniciativas enfocadas en la conservación y restauración de ecosistemas.
- \* Potenciar e incentivar las iniciativas de restauración ecológica y de seguridad alimentaria.
- \* Motivar la sostenibilidad del proceso a nivel comunitario.
- \* Crecimiento tardío de las especies



### Disminución de las brechas de género.

Esta medida de adaptación contribuye a la autonomía económica, cultural y de toma de decisiones de las mujeres, su acceso y control sobre los recursos y equilibrar las

cargas entre el trabajo del cuidado y el de generación de ingresos (Hernández, 2021). Así mismo esta medida contribuye a la generación de espacios de integración de saberes, de actividades de trabajo con diversos actores de la cuenca.

- \* Liderar procesos de registro del centro de germinación con la autoridad sanitaria y ambiental.
- \* Producción de plantas forestales y alimenticias anual.



### Costos de implementación.

Unidad básica: A continuación veremos los costos de un centro de germinación de 80m<sup>2</sup> que cuenta con tres módulos de germinación con sistema de riego, implementación de las acciones demostrativas de restauración ecológica en 0,4 ha y adecuación y mantenimiento del módulo de compostaje. Para el desarrollo de esta costeo se contó con la participación de:

- \* Apoyo técnico de un profesional forestal.
- \* Apoyo de dos técnicos en obra.
- \* Cuadrilla conformada por 5 integrantes.

| Principales rubros             | Costos (COP)* | Fuente de la información |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|
| Capacitaciones y apoyo técnico | \$43.400.000  | (AICCA, 2021)            |
| Materiales e insumos           | \$42.520.300  | (AICCA, 2021)            |
| Mano de obra                   | \$14.000.000  | (AICCA, 2021)            |
| Total pesos                    | \$99.920.300  | (AICCA, 2021)            |

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)



### Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.

- \* Evaluar procesos de restauración y/o rehabilitación, emprendidos con material vegetal del centro de germinación.
- \* Mantener registros de producción.

## Referencias bibliográficas

- AICED. (2018). *Estudio de experiencias sobre agricultura resiliente para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la Alimentación en América Latina y el Caribe*. Madrid.
- Álvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Catálogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. (2020). *Análisis de vulnerabilidad y riesgos por cambio climático*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, CAF, Minambiente, Ideam.
- Armenta Porras, G. E. (2019). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- Asociación Bosque Nativo. (2021). *Implementación de medidas de adaptación en Tota (Informe producto II)*. Cundinamarca: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Bonilla, C., Pino, M., & Logroño, J. (2014). *Guía Técnica de Vivero Forestal*. Ecuador: JICA.
- Corbin, J., & Holl, K. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, 37-46.
- Díaz-Páez, M., & Polanía, J. (2017). Experiencia piloto de nucleación con especies nativas para restaurar una zona degradada por ganadería en el norte de Antioquia, Colombia. *Biota Colombia*, 60-69.
- Hernández, L. H. (2021). *Documento con el plan de acción para las estrategias de involucramiento de las comunidades por tipo de actor para cada una de las medidas de adaptación, que sean priorizadas en el proceso de implementación*. Bogotá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J. V., & Cerra, M. (2014). *Los páramos andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. Quito: UICN.
- Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.
- INGEAC. (2019). *La Estructura Ecológica de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente, CAF.
- Piñuela, A., Guerra, A., & Pérez-Sánchez, E. (2013). *Guía para el establecimiento manejo de viveros agroforestales*. Venezuela: Fundación Danac.
- Porras Armenta, G. (2020). *Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Ricaurte Ayala, P. (2004). *Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca*. Boyacá: Corpoboyacá.
- Vergara, M. d., & Del Amo Rodríguez, S. (2002). *Germinación y manejo de especies forestales y tropicales*. Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT.





Medida de Adaptación

# Cosecha de Agua Lluvia y riego en la Cuenca del Lago de Tota.

Medidas complementarias: Jardines de  
vida y módulo de biofertilizantes.

Dimensión



Infraestructura



Seguridad alimentaria

Área



Actividades económicas

## Contexto general de la medida

La cosecha de agua lluvia es una práctica que consiste en recolectar los excesos de agua, derivados de la precipitación, y conducirlos por medio de canales para su posterior uso (Hirozumi, 2015). Usualmente se usan las superficies disponibles dentro de un predio o finca (techo, tejas, láminas y superficies plásticas de las viviendas o construcciones cercanas) para interceptar el agua lluvia. Se estima que para garantizar el funcionamiento del sistema, es necesaria una estructura de cubierta de una o de dos aguas, con una pendiente mínima aproximadamente del 3% (Paredes & Sindy, 2019).

Los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego están conformados principalmente, por los siguientes elementos:

- \* Superficie de captación.
- \* Sistema de conducción.
- \* Tanque de almacenamiento.
- \* Filtro de agua<sup>1</sup>.
- \* Sistema de riego.

Estos varían de acuerdo con la capacidad de almacenamiento, para la captación de agua lluvia, y de la demanda necesaria para abastecer las diferentes actividades de los productores o familias (Sánchez Rodríguez, 2020). Esta práctica, permite contar con agua para diferentes usos como el doméstico, agrícola y consumo animal, entre otros. Lo cual redunda para la comunidad en menores costos tanto en la captación, como en el transporte, de este importante recurso.

Mediante la distribución interna del sistema de riego por goteo en los invernaderos, se garantiza el manejo y uso eficiente del agua para los sistemas productivos.

1 Dependiendo del uso del agua.



### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Extremos de calor.
- \* Lluvias intensas.
- \* Uso insostenible de los recursos locales.



### Impactos atendidos

- \* Pérdida de productividad.
- \* Pérdida de cosechas.
- \* Desabastecimiento de agua.
- \* Menor seguridad alimentaria.
- \* Condición hidrológica del suelo.
- \* Sequías.

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



### Servicios de regulación



RH: Regulación hídrica



RC: Regulación climática



### Servicios de provisión



MP: Materias primas



### Servicios culturales



IE: Información Estética



CE: Ciencia y Educación

### Enfoques de la medida.

Adaptación basada en Ecosistemas

Adaptación basada en Comunidades

Adaptación basada en Infraestructura



### Contexto y problemática atendida.

Los efectos del cambio climático, y sobre todo de la variabilidad climática, en la época seca o días sin lluvia, se han prolongado. Los escenarios de cambio climático de la cuenca del Lago de Tota muestran que para el periodo 2026-2050 en el escenario húmedo se presentarían cambios por un aumento de las lluvias entre un 15 y un 40%, y en el escenario seco reducciones entre 10 y 20%. Sobre las temperaturas media, máxima y mínima, se encontró que todas incrementarían en el orden de 0.5 a 1°C. Por su parte con respecto a la variabilidad climática, se proyecta que los cambios serán cada vez mayores: en el periodo proyectado, se presentarían aumentos de más del 100% en la precipitación o reducciones del 80% (Armenta Porras, 2019).

Adicionalmente, se estima que la demanda agrícola de las sub-cuencas con un riesgo climático muy alto oscila entre 37,7 L/s en la Quebrada Aguablanca, 33,0 en L/s, Quebrada la Mugre y 90, 5 L/s en el Río Toba (Peña, 2020), valores considerablemente altos en comparación a otras sub-cuencas. Esta situación causa mayor

incertidumbre sobre la disponibilidad del recurso hídrico, **generando presión y conflictos** por parte de la comunidad para asegurarla.

Estas intensas variaciones proyectadas del clima, sumadas a la sobreutilización del agua, podrían ocasionar eventos de déficit hídrico, pérdida de cultivos, detrimentos de los medios vida, desabastecimientos, pérdidas económicas, entre otros. Lo anterior implica retos importantes en el manejo y prácticas del uso del agua, tanto para actividades de carácter productivo, como para el doméstico. A continuación, en la Figura 1, se presenta el árbol de problemas definido para la Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

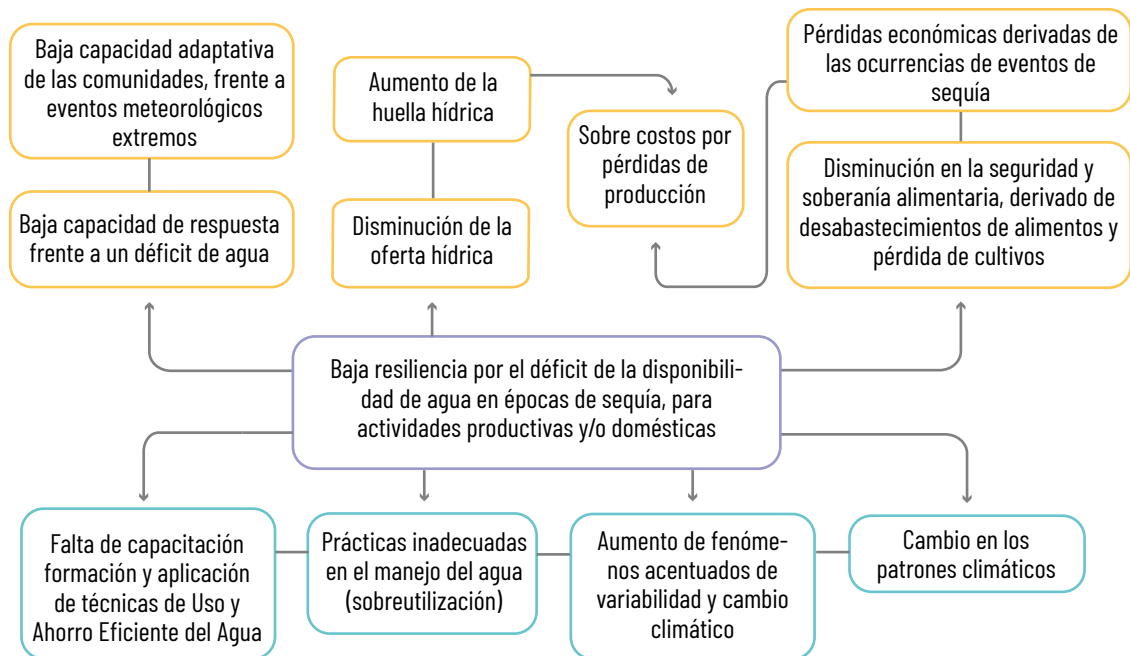
Figura 1. Árbol de problemas definido para la MACC Cosecha de Agua Lluvía y Riego. Fuente: Elaboración propia



### Objetivo en el contexto de cambio climático.

Fortalecer la resiliencia de sistemas productivos de la cuenca del Lago de Tota, a través de sistemas de cosecha de agua lluvia y riego, en zonas con riesgos climáticos relacionados con cambios en disponibilidad hídrica.

Adicionalmente, con la implementación de la medida se espera aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades, a través de los procesos de fortalecimiento de capacidades, para el uso y manejo adecuado del agua, con enfoque en la respuesta ante fenómenos hidrometeorológicos, derivados de la variabilidad y el cambio climático.





### Hipótesis de adaptación.

A la luz de los escenarios de cambio climático, se ha identificado como amenaza un aumento en la temperatura en el periodo 2026-2050, que oscila entre (0.85 al 0.88 °C), que eventualmente puede ocasionar cambios en la disponibilidad hídrica. A esto se suma que en las épocas de sequía en la cuenca del Lago de Tota, diversos medios de vida, en su mayoría del sector agrícola, se ven afectados por los días secos, por lo que la cosecha de agua lluvia y riego **permitirá aumentar la capacidad adaptativa de la comunidad y mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas, ya que se establece una fuente alternativa de agua por medio de su captación y aprovechamiento.** Lo anterior, contribuir a disminuir los impactos por el desabastecimiento de agua, recurso fundamental para la actividad agrícola, predominante en la cuenca.



### Lugares potenciales de implementación

Comunidades rurales con sistemas productivos agrícolas o pecuarios, que se vean mayormente afectados por eventos de sequías y que se encuentren dentro de las zonas con susceptibilidad, para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático.



### Resultados esperados

- \* Mejorar la disponibilidad hídrica—relacionada con la varia-

bilidad y cambio climático— de comunidades que se hayan visto afectadas por los impactos relacionados con los cambios en esta.

- \* Incrementar la resiliencia de las familias, en épocas de sequía y/o fenómenos de Variabilidad Climática/Cambio Climático.
- \* Mantener la productividad en los sistemas agrícolas en épocas de sequía y/o en fenómenos extremos relacionados o derivados de la variabilidad y el cambio climático.
- \* Mejorar el riego en los sistemas productivos, a través de la cosecha de agua lluvia para preparar a las comunidades en la cuenca, ante eventos de disminución de la disponibilidad hídrica.
- \* Disminución de impactos económicos y sociales, asociados a eventos de sequía en los sistemas productivos priorizados.
- \* Aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades de la cuenca, generado por el fortalecimiento de capacidades y la implementación de prácticas sostenibles.



### Temporalidad de los resultados

Para la implementación se ha definido que los resultados se darían un (1) año después del proceso de implementación de los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego.



## Beneficios de la implementación de la medida

### Sociales



- Aumento de la capacidad de resiliencia de los sistemas productivos con Buenas Prácticas Agrícolas.
- Fortalecimiento de la capacidad técnica y organizacional de lo(a)s beneficiario(a)s.
- Fortalecimiento de la seguridad alimentaria de las familias.
- Apoyo en la generación de capacidades de liderazgo y emprendimiento.
- Reconocimiento de saberes locales y ancestrales.

### Económicos



- Disminución de las pérdidas de producción, derivadas de épocas de sequía.
- Disminución de costos de producción.
- Apoyo a la economía familiar de las beneficiarias.
- Incursión en programas de Negocios Verdes.

### Ecológicos



- Disminución de la demanda hídrica en los cauces aledaños a las zonas de implementación.
- Manejo sostenible del agua.
- Aprovechamiento y captación del agua lluvia



## Descripción de la metodología para la implementación de los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego.

De manera general la metodología para el diseño e implementación de la medida de adaptación de la cosecha de agua lluvia y riego (Ver figura 4), se describe a continuación:

**I. Diagnóstico socioambiental:** se desarrolló un análisis del contexto territorial, de los aspectos relevantes de la zona de estudio. Caracterización de los principales sistemas productivos, ecosistemas, actores, nivel de gobernanza y sistemas agrícolas con Buenas Prácticas Agrícolas, entre otros.

### II. Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación:

en el análisis se integraron insumos para definir las necesidades de adaptación en el territorio. De acuerdo de la información disponible se pueden integrar estudios como: escenarios de variabilidad y cambio climático, definición de la Estructura Ecológica Principal (EEP), presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático, modelación hidrológica, entre otros que se consideren relevantes. Con ello se determinan zonas susceptibles para la implementación de medidas de adaptación en los sectores de sistemas naturales, actividades económicas y educación. Finalmente, se priorizaron las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA<sup>2</sup> y posteriormente se

2 Por sus siglas en inglés: Amigos de la Adaptación basada en Ecosistemas.

evaluaron para su implementación, considerando el análisis de género, actores y conflictos (Alvarez Peña & Pérez Lora, 2020).

**III. Selección de beneficiarios:** se realizó una revisión general de las comunidades dentro de los predios catalogados con susceptibilidad media y alta del análisis anterior, y con ellos se aplicó una encuesta de arraigo, vulnerabilidad y dependencia, que permitió priorizar las comunidades que requieren de este tipo de medida de adaptación.

**IV. Diseño de los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego:** durante esta fase se recomienda realizar las siguientes actividades:

- \* Levantamiento del mapa de ecosistemas y uso del suelo del sistema productivo: este insumo permite identificar las actividades principales dentro del predio o finca, describir los socioecosistemas y analizar la topografía. Esta información ayuda a identificar problemas y limitaciones respecto al aprovechamiento y conservación del agua, y a pensar en las alternativas para el diseño de sistemas de recolección. (Sánchez Rodríguez, 2020).
- \* Balance de recolección y demanda de agua: de acuerdo con la situación actual del predio se estimó el balance de recolección y demanda de agua para el sistema en este caso agrícola. Para el cálculo de la capacidad de almacenamiento de los tanques y el modelo del balance de recolección y demanda de agua lluvia, se utilizó el modelo “demanda constante” propuesto para un sistema de recolección de lluvia para uso familiar (ITACA, 2020), que considera las siguientes variables:
  - \* Área de captación del agua lluvia ( $m^2$ ).
  - \* Coeficiente de escurrimiento.

- \* Precipitación total anual (mm).
- \* Agua disponible al año ( $m^3$ ).
- \* Agua disponible al día ( $m^3$ ).
- \* Agua disponible al día (litros).
- \* Demanda total al día (litros).
- \* Demanda total al mes ( $m^3$ ).
- \* Precipitación mensual (mm).
- \* Precipitación recolectada ( $m^3$ ).
- \* Precipitación recolectada acumulativa ( $m^3$ ).
- \* Demanda basada en uso total ( $m^3$ ).
- \* Demanda acumulativa ( $m^3$ ).
- \* Diferencia entre recolección y demanda ( $m^3$ ).
- \* Agua disponible a fin de mes ( $m^3$ ).
- \* Tamaño de tanque propuesto (litros).
- \* Estado del tanque a fin de mes (% lleno)

**V. Construcción e implementación. Esta fase dependerá del predio y sus características. En general las principales acciones de esta medida se resumen en:**

- \* Actividades de preparación y adecuación del terreno. Por ejemplo, la explanación.
- \* Instalación de sistemas de captación para el aprovechamiento de la escorrentía de las precipitaciones.
- \* Instalación de los sistemas de conducción del agua captada por las canaletas hasta el tanque de almacenamiento.
- \* Instalación del conducto de agua del tanque de almacenamiento hacia la zona donde se realizará el uso del agua recolectada.
- \* Capacitación sobre el correcto funcionamiento de la práctica de cosecha.
- \* Elaboración de un manual de mantenimiento de los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego.

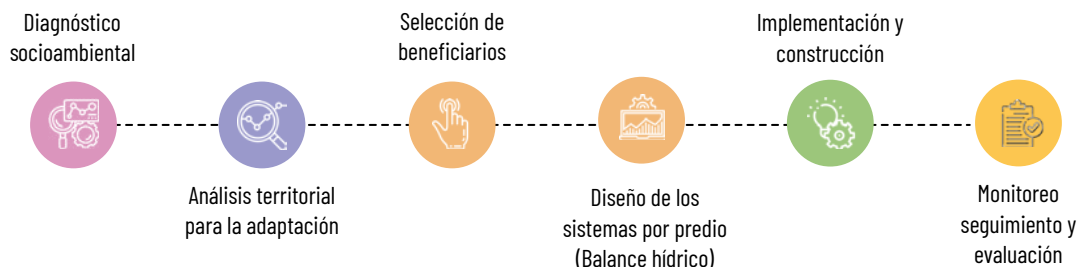


Figura 4. Esquema metodológico para la implementación de sistemas de Cosecha de Agua Lluvia y Riego. Fuente: Elaboración propia



### Lugares de implementación

Los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego, se encuentran implementados en predios del municipio de Aquitania, con adopción de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) ubicados en las veredas Pérez, Tobal, Hato Laguna y en la cabecera municipal.



### Limitantes de la implementación de la medida.

- \* Costos altos relacionados con el diseño de los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego.
- \* Planificación de los cultivos con respecto a la oferta y demanda de agua.
- \* Costos adicionales derivados del mejoramiento de coberturas de viviendas para la recolección del agua.
- \* Costos de mantenimiento y de reparaciones que pueden presentarse eventualmente.
- \* Manejo de diferentes tipos de topografía, dependiendo del predio.



### Disminución de las brechas de género

Con esta medida se contribuye a la autonomía económica, cultural y en la toma de decisiones de las mujeres, su acceso y control sobre los recursos y a equilibrar las cargas entre el trabajo de cuidado y el de generación de ingresos, ya que se fortalecen las prácticas agrícolas, a través de la cosecha de agua lluvia y riego. Adicionalmente, se reducirían los impactos de los riesgos climáticos que afecten directamente la disponibilidad hídrica de las comunidades (Hernandez, 2021).



### Costos de implementación.

Unidad básica: 1 sistema de cosecha de agua lluvia y riego con capacidad de 5.000 L.

| Principales rubros             | Costos (COP)* | Fuente de la información |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|
| Estudios                       | \$ 875.000    | (AICCA, 2020)            |
| Mano de obra                   | \$ 400.000    | (AICCA, 2020)            |
| Insumos y materiales           | \$ 3.000.000  | (AICCA, 2020)            |
| Capacitaciones y apoyo técnico | \$ 300.000    | (AICCA, 2020)            |
| Total pesos                    | \$ 4.575.000  | (AICCA, 2020)            |

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)





### **Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.**

- \* Disponibilidad de agua en los predios donde se implementan sistemas de Cosecha, Agua Lluvia y Riego.
- \* Cantidad de agua recolectada y usada, con la implementación del sistema de cosecha de agua lluvia y riego durante fenómenos extremos que afecten la disponibilidad hídrica.
- \* Porcentaje de rendimiento en la productividad de los beneficiarios en épocas de sequía.

### **Referencias bibliográficas**

- Alvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Catálogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. E. (2019). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- Hernandez, L. H. (2021). *Documento con el plan de acción para las estrategias de involucramiento de las comunidades por tipo de actor para cada una de las medidas de adaptación, que sean priorizadas en el proceso de implementación*. Bogotá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Hirozumi, K. (2015). *Guía Técnica para la cosecha de agua lluvia*. Ecuador: JICA.
- Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para*

*Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.

ITACA. (2020). *Diseño y Construcción de Sistemas de Recolección de Agua Pluviales. Hoja de Cálculo de Recolección de Lluvia*. Obtenido de ITACA: <https://www.itacenet.org/esp/aguas.html#4>

Paredes, G., & Sindy, M. (2019). *Manual de Construcción y Mantenimiento de Cosecha de Agua Lluvia en Barrios Populares de Tegucigalpa*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Peña, J. C. (2020). *Modelación hidrológica de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente.

Sánchez Rodríguez, L. Á. (2020). *Identificación de las adecuaciones necesarias en los 16 invernaderos y el diseño de los sistemas de cosecha de agua lluvia y riego en cada uno de los invernaderos en el Municipio de Aquitania Boyacá*. Sogamoso: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente.

### **Otros referentes bibliográficos usados para el diseño e implementación de sistemas de cosecha de agua lluvia.**

- FAO (2013) *Manual de captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- Cekanavičius L., Bazytė R, Dičmonaitė A., (2014) *Green business: challenges and practices* ISSN 1392-1258. EKONOMIKA Vol. 93(1).



Medida de Adaptación

# Jardines de vida: estrategia de medios de vida sostenibles para aumentar la resiliencia, en términos de seguridad alimentaria, en la cuenca del Lago de Tota.

Medidas complementarias: cosecha de agua lluvia y módulo de biofertilizantes.



Dimensión



Seguridad alimentaria

Área



Actividades económicas



Salud y educación

## Contexto general de la medida

Los jardines de vida son sistemas productivos agroecológicos con diversas especies de alimentos para el autoconsumo y cuyos excedentes pueden comercializarse.

La estructura de los sistemas busca integrar prácticas que permitan disminuir los impactos asociados a eventos extremos derivados de la variabilidad y el cambio climático como: la cosecha de agua, estructura itinerante de protección ante eventos de extremos meteorológicos y climáticos para proteger el desarrollo del material vegetal y el uso de biofertilizantes líquidos y sólidos.

Con los jardines de vida, se incrementa la agrobiodiversidad con mayor número de especies entre hortalizas, frutales, semillas nativas y forestales; con la implementación de prácticas con enfoque agroecológico para mejorar el equilibrio entre suelo-planta.



### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Extremos de calor.
- \* Lluvias intensas.
- \* Uso insostenible de los recursos locales.



### Impactos atendidos

- \* Sequías.
- \* Pérdida de productividad.
- \* Pérdida de cosechas.
- \* Inundaciones.
- \* Menor seguridad alimentaria.
- \* Dependencia económica.

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



### Servicios de regulación



P: Polinización



FS: Formación del suelo



HA: Hábitat y alimento para especies



### Servicios de provisión



C: Comida



MP: Materias primas



RG: Recursos genéticos



RM: Recursos medicinales



### Servicios culturales



CE: Ciencia y Educación



IE: Información Estética

### Co-beneficios en mitigación

Plantación de individuos arbóreos frutales que capturan CO<sub>2</sub>

### Enfoques de la medida

- Adaptación basada en Ecosistemas.
- Adaptación basada en Comunidades



### Contexto y problemática atendida.

Los resultados del análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático de la cuenca del Lago Tota, muestra niveles de riesgo altos en la dimensión de seguridad en los municipios de Cuitiva, Tota y Sogamoso, Por otra parte, en la dimensión de biodiversidad se presentan niveles de riesgos Altos para los municipios de Tota y Cúitiva, esto se debe principalmente a los preocupantes niveles de erosión en la zona y las problemáticas de deforestación que se han presentado a lo largo de los años. Lo anterior tiene relación con los bajos niveles de inversión en el sector agrícola y la baja producción de alimentos para el autoconsumo y comercialización. En ambas dimensiones estas condiciones de sensibilidad, se contrastan con la amenaza climática (Armenta Porras, 2020).

En efecto los resultados previstos en los riesgos climáticos, podrían afectar el buen vivir de las comunidades, impactar las dinámicas de la agrobiodiversidad, generar un detrimento de las diversas actividades agrícolas y propiciar un aumento en la presión hacia los ecosistemas aledaños.

Lo anterior implica retos importantes para diversificar medios de vida sostenibles, que propendan a disminuir presiones en los ecosistemas, que se adapten a las nuevas condiciones meteorológicas y climáticas en un corto y mediano plazo, que contribuyan a mejorar la seguridad alimentaria y potencien la agrobiodiversidad de la cuenca del lago de Tota.

A continuación, en la Figura 1, se presenta el árbol de problemas definido para esta Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

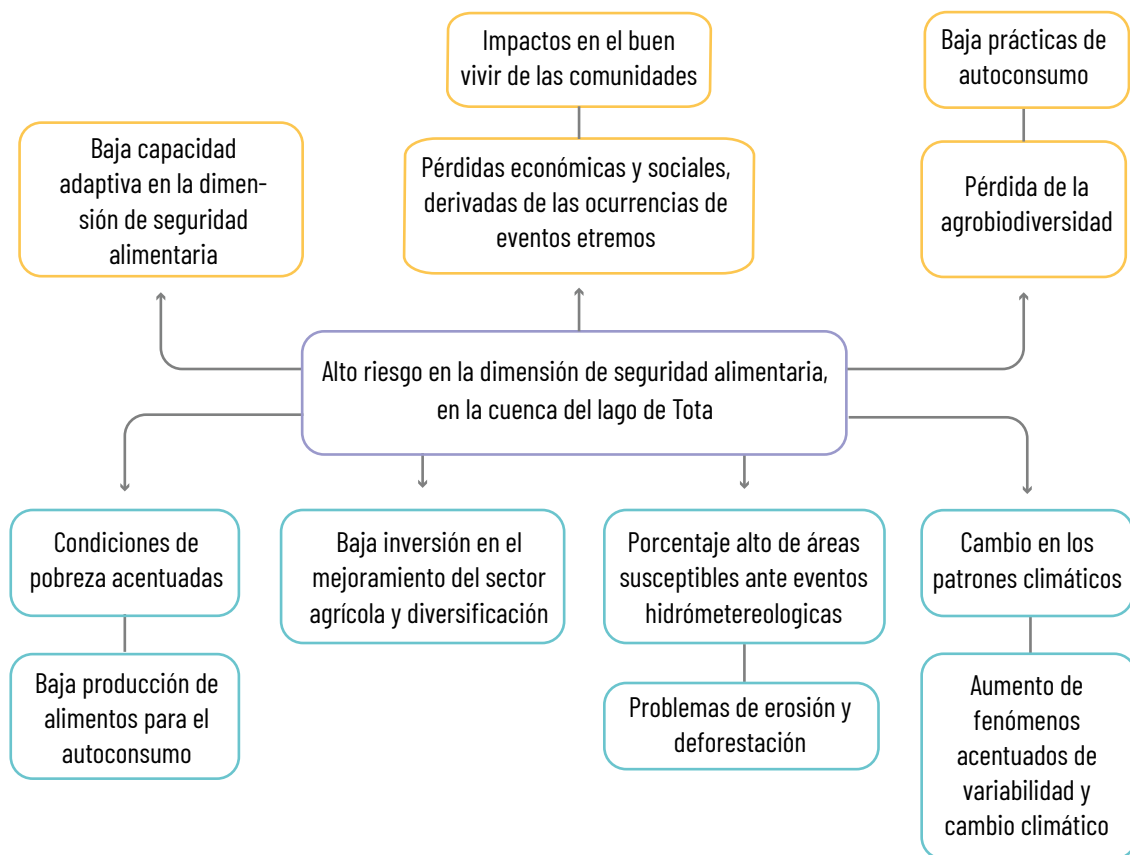


### Objetivo en el contexto de cambio climático.

Aumentar los medios de vida resilientes al clima, en las zonas de cabecera municipal y en zonas rurales, lugares con riesgos climáticos altos, relacionados con la seguridad alimentaria.

Adicionalmente se espera mejorar la capacidad adaptativa de las comunidades en torno a los jardines de vida, a través de los procesos de implementación de buenas prácticas, fortalecimiento de capacidades, mejora de las prácticas de autoconsumo y promoción de la comercialización de productos.

Figura 1. Árbol de problemas definido para la MACC jardines de vida. Fuente: Elaboración propia





### **Hipótesis de adaptación.**

Considerando principalmente los resultados del análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático, en la dimensión de seguridad alimentaria, se ha identificado que, en los municipios de Sogamoso, Tota, Cuitiva, se presentan niveles de riesgo climático alto. Lo anterior, está relacionado con la baja inversión en el mejoramiento del sector agrícola, el bajo porcentaje de implementación de buenas prácticas agrícolas y la distribución de la pobreza. Esta situación puede agudizarse por las posibles afectaciones en los agroecosistemas, ante el aumento de las sequías y heladas, y de los eventos extremos de lluvia en la zona, previstos en los escenarios de cambio climático.

Es por esto que se han seleccionado los jardines de vida, para propiciar en las comunidades vulnerables, medios de vida que les permitan en épocas de sequía o inundaciones, contar con productos tanto para la comercialización, como para el autoconsumo. Con esto se espera aumentar su capacidad adaptativa en la dimensión de seguridad alimentaria.



### **Lugares potenciales de implementación.**

Comunidades rurales en zonas con un riesgo climático alto, de dimensión de seguridad alimentaria a escala veredal y que estén dentro de las zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático.



### **Resultados esperados.**

- \* Aumento de la capacidad adaptativa de las comunidades, con la adopción de medios de vida resilientes al clima.
- \* Aumentar las prácticas de autoconsumo de alimentos en las familias.
- \* Aumentar las buenas prácticas agrícolas con enfoque agroecológico.
- \* Disminución de impactos económicos y sociales, asociados a desabastecimiento de alimentos.



### **Temporalidad de los resultados.**

Para la implementación se ha definido que los resultados se presentarán seis (6) meses después del proceso de implementación de los jardines de vida, lo cual se estima de acuerdo con el número de cosechas que resultarían para las familias beneficiarias.



## Beneficios de la implementación de la medida

### Sociales



- Aporta a cerrar brechas de género en la medida en que contribuye a fortalecer las autonomías de las mujeres.
- Fortalecimiento de la soberanía alimentaria de las familias.
- Aumento de la capacidad adaptativa de las familias.
- Fortalecimiento de la capacidad técnica y organizacional de lo(a)s beneficiario(a)s.
- Apoyo en la generación de capacidades de liderazgo y emprendimiento.
- Reconocimiento de saberes locales y ancestrales.

### Económicos



- Apoyo a la economía familiar de beneficiario(a)s.
- Disminución de costos de vida.

### Ecológicos



- Aumento de la agrobiodiversidad.
- Aumento de interacciones con especies polinizadoras.
- Mejoramiento de las prácticas de uso del suelo.
- Disminución de la demanda hídrica en los cauces aledaños a las zonas de implementación.



## Descripción de la metodología para la implementación de jardines de vida.

A continuación se describe, de manera general, la metodología para el diseño e implementación de la medida de adaptación de jardines de vida:

**I. Diagnóstico socioambiental:** se desarrolló un análisis del contexto territorial con los aspectos relevantes de la zona de estudio; caracterización de los principales sistemas productivos, ecosistemas, actores, nivel de gobernanza y sistemas agrícolas con Buenas Prácticas Agrícolas, entre otros.

**II. Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación:** en el análisis se integraron insumos para definir

las necesidades de adaptación en el territorio. Dependiendo de la información disponible se pueden integrar estudios como: los escenarios de variabilidad y cambio climático, definición de la Estructura Ecológica Principal (EEP), presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático, la modelación hidrológica, entre otros que se consideren relevantes. Con ello se determinan zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación en los sectores de sistemas naturales, actividades económicas y educación. Finalmente se priorizaron las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA y posteriormente se evaluaron para su implementación considerando el análisis de género, actores y conflictos (Álvarez Peña & Pérez Lora, 2020).



**III. Selección de beneficiarios:** se realizó una revisión general de las comunidades dentro de los predios catalogados con susceptibilidad media y alta del análisis anterior y con ellos se aplicó una encuesta de arraigo, vulnerabilidad y dependencia, que permitió priorizar las comunidades que requieren de este tipo de medida de adaptación. Adicionalmente se diseñó una encuesta con la finalidad de caracterizar el diagnóstico de condiciones socioeconómicas.

**IV. Construcción e implementación:** La implementación consistió en:

- \* Adecuación del terreno, donde se ha realizado la limpieza, rocería y nivelación, dependiendo de la pendiente.
- \* Construcción de camas: se formaron eras de aproximadamente 1m de ancho por 30 de alto con el suelo disponible en cada predio, entre cada era se contempló un paso de 40 a 50 cm para garantizar accesibilidad. El diseño paisajístico seleccionado para los jardines de vida se definió dependiendo de la disponibilidad del espacio del predio, con dos posibles opciones: circular o en franja. La primera de ellas se priorizó considerando que ayuda a mejorar los Servicios Ecosistémicos que puede proveer el jardín de vida y en particular con respecto a la capacidad de retención de agua de las camas y las interacciones que se propician entre el agua, suelo, brillo solar y humedad; por otra parte el diseño en franja es flexible para áreas pequeñas y fácilmente replicable (Asociación Bosque Nativo, 2021; Garnizo, 2016).
- \* Construcción de estructura itinerante de protección de eventos meteorológicos: se delimitaron las áreas y zonas de especial protección, frente a eventos meteorológicos extremos. La infraestructura consiste en micro-túneles en forma de arco

y cobertura de manguera plástica y polisombra a 50%, fácilmente removible. La orientación de los micro-túneles dependió de la zona y en particular de las condiciones de aire, lluvia y sol, del predio con el fin de disminuir los impactos de viento y eventos de heladas o granizadas entre otros.

- \* Construcción del sistema de cosecha de agua lluvia: Esta fase depende del predio y sus características. En general las principales acciones implementadas se resumen en:
  1. Actividades de preparación y adecuación del terreno como por ejemplo la explanación.
  2. Instalación de sistemas de captación para el aprovechamiento de la escorrentía de las precipitaciones.
  3. Instalación de los sistemas de conducción del agua captada por las canaletas hasta el tanque de almacenamiento.
  4. Instalación del conducto de agua del tanque de almacenamiento hacia la zona donde se realizará el uso del agua recolectada.
- \* Instalación de módulo de biofertilizantes: dependiendo de la disponibilidad de espacio disponible, por lo que se plantearon tres opciones posibles:
  1. Fertilizante sólido a partir de la fermentación aeróbica de estiércol fresco.
  2. Biofertilizante líquido a partir de la fermentación anaeróbica de estiércol fresco de vaca.
  3. Biopreparado a base de silfocálcico, caldo cenizo, caldo bórdeles.
- \* La siembra del material vegetal debe tener en cuenta los alimentos que consumen las familias. Adicionalmente se organizó la disposición del material vegetal, el cual busca integrar diversos aspectos para favorecer las relaciones ecosistémicas del jardín de vida. En las zonas de los bordes se sembraron árbo-

les frutales y plantas aromáticas, las que ayudan a mantener el jardín protegido de algunas plagas y favorecen la polinización y humedad del suelo. En el intermedio se sembraron leguminosas, dependiendo del diseño de tubérculos; finalmente en la zona interior donde se encuentran los micro-túneles se dispusieron las hortalizas las cuales son más vulnerables a los cambios meteorológicos extremos (Gonzalvez, Cifre, Dolores, & Gómez, 2018; Hines-troza Valois, 2018).

La selección de especies integró en el diseño plantas florales atrayentes de polinizadores, tubérculos nativos

propios de la zona, se añadió por ejemplo la leguminosa *Lupinus Bogotensis*, que contribuye a amortiguar eventos extremos generando un microclima y diversas hortalizas, aromáticas y frutales para el abastecimiento de las familias beneficiarias (Asociación Bosque Nativo, 2021).

\* Construcción e instalación de aislamiento perimetral, el cual consiste en una polisombra al 35% con postería de madera, para evitar la entrada de animales como el ganado.

A continuación, en la figura 2 se presenta un diseño tipo de los jardines de vida circular y en franjas.

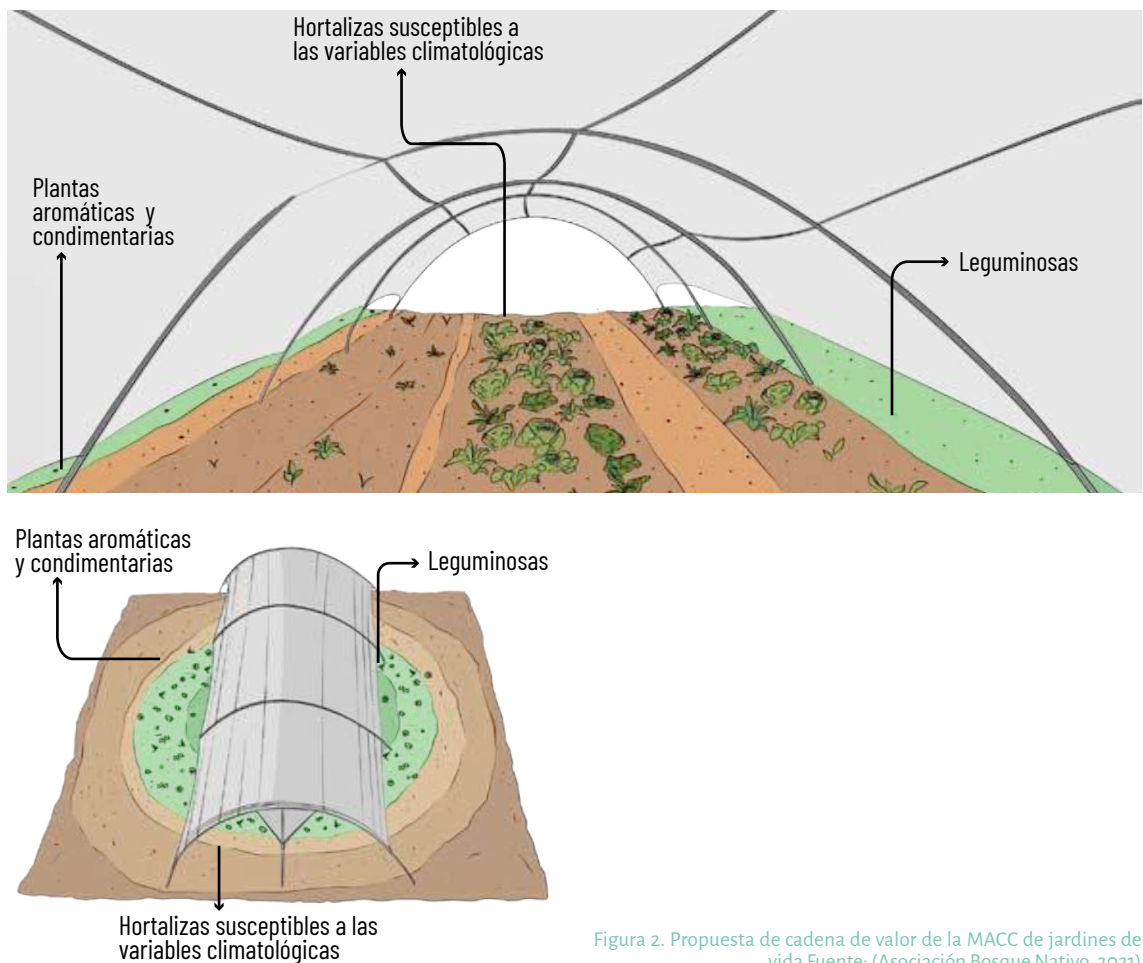


Figura 2. Propuesta de cadena de valor de la MACC de jardines de vida Fuente: (Asociación Bosque Nativo, 2021)

Finalmente se realizaron actividades de fortalecimiento de capacidades enfocados en:

- \* Acompañamiento y capacitación a lo(a)s beneficiario(a)s para el proceso de instalación, siembra, mantenimiento y cosecha de los jardines de vida como una medida de adaptación al cambio climático.
- \* Desarrollo de talleres para capacitar a los/las beneficiarias(a)s en la constitución de una Organización de la Sociedad Civil.



### Lugares de implementación

Los jardines de vida, se encuentran implementados en predios del municipio de los Municipios de Tota, Cúitiva y Sogamoso, pertenecientes a la cuenca del Lago de Tota



### Limitantes de la implementación de la medida.

- \* Se debe considerar que para la sostenibilidad de la medida es necesario establecer un componente organizativo que promueva las actividades y permita la cohesión social.
- \* Es importante considerar las cadenas de comercialización y de propuesta de cadena valor eventuales durante las cosechas.
- \* Costos de mantenimiento y de reparaciones que pueden presentarse eventualmente.
- \* Manejo de diferentes tipos de topografía, dependiendo del predio.
- \* Compromiso constante para dar sostenibilidad a la implementación de los jardines de vida.



### Disminución de las brechas de género

Con la implementación de esta medida se contribuye a la autonomía económica, cultural y de toma de decisiones de las mujeres, su acceso y control sobre los recursos, para equilibrar las cargas entre el cuidado del hogar y el trabajo que le permite generar ingresos económicos. Se fortalece con el proceso formativo para impulsar estructuras organizativas y contribuye al afianzamiento de la gobernanza, el reconocimiento de derechos de la naturaleza y al equilibrio entre preservación de Servicios Ecosistémicos fundamentales (Hernández, 2021).



### Costos de implementación.

Los jardines de vida incluyen: costos iniciales de material vegetal, semillas, insumos para la cosecha de agua, estructura de protección ante eventos de extremos meteorológicos y climáticos, insumos de biofertilizantes líquidos y sólidos.

No se incluyen costos de mantenimiento. Los costos que se presentan a continuación son para un sistema de una unidad productiva en 60m<sup>2</sup> a 80 m<sup>2</sup>.

| Principales rubros             | Costos*      | Fuente de la información |
|--------------------------------|--------------|--------------------------|
| Estudios                       | \$ 250.000   | (AICCA, 2020)            |
| Mano de obra                   | \$ 300.000   | (AICCA, 2020)            |
| Insumos y materiales           | \$ 1.100.000 | (AICCA, 2020)            |
| Capacitaciones y apoyo técnico | \$ 500.000   | (AICCA, 2020)            |
| Imprevistos                    | \$ 215.000   | (AICCA, 2020)            |
| Total pesos                    | \$ 2.365.000 | (AICCA, 2020)            |

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)



## **Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.**

- \* Cantidad de alimentos consumidos, sobre la cantidad de alimentos cosechados.
- \* Cantidad de alimentos comercializados, sobre la cantidad de alimentos cosechados.
- \* Porcentaje de adopción de buenas prácticas agrícolas con enfoque agroecológico.
- \* Porcentaje de inversión para el sector agrícola.

## **Referencias bibliográficas**

- Álvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Catálogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. E. (2020). *Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por cambio climático en la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- Asociación Bosque Nativo. (2021). *Implementación de medidas de adaptación en Tota (Informe producto II)*. Cundinamarca: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Garnizo, J. E. (2016). *Diseño de huertas*. San Martín de los Andes: INTA.
- Gonzalvez, V., Cifre, H., Dolores, R. M., & Gómez, J. G. (2018). *Prácticas Agroecológicas de Adaptación al cambio climático*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica/ Agroecología (SEAE).
- Hernández, L. H. (2021). *Documento con el plan de acción para las estrategias de involucramiento de las comunidades por tipo de actor para cada una de las medidas de adaptación, que sean priorizadas en el proceso de implementación*. Bogotá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Hinestroza Valois, N. (2018). *Huertos familiares ecológicos como estrategia para fortalecer la sustentabilidad, la soberanía alimentaria y la justicia ambiental de un asentamiento humano de desarrollo incompleto en Santiago de Cali: el caso de los Samanes del Cauca*. Universidad Autónoma de Occidente.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA. (2017). *Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático en Colombia*. Bogotá D.C.: Tercera Comunicación Nacional al Cambio Climático.

A blue-toned illustration of two people in a field. The person on the left is seen from behind, wearing a hat and carrying a large camera on their shoulder. The person on the right is facing forward, also wearing a hat and carrying a camera on their shoulder. The background consists of stylized, sketchy lines representing grass or a field. A dotted line box highlights the text 'Medida de Adaptación' above the person on the left.

Medida de Adaptación

# Red de Monitoreo Fenológico de Aves como bioindicadores de los efectos del Cambio Climático en la Cuenca del Lago de Tota

Medidas complementarias: Turismo sostenible  
y restauración ecológica.

Dimensión



Biodiversidad

Área



Sistemas naturales

## Contexto general de la medida

Estudios y seguimientos a mediano y largo plazo, concluyen que el grupo funcional de las aves ha demostrado ser uno de los mejores bioindicadores de los cambios ambientales que se están produciendo (CEIDA, s.f). En este sentido, las aves pueden ser vistas como precursoras de la detección del cambio climático.

La Fenología es una disciplina que estudia la relación recurrente que hay entre el clima y las variaciones producidas en los registros de fenómenos biológicos (Riaza Luján, 2012); como por ejemplo, la fecha de llegada de las aves migratorias puede ser una herramienta para evidenciar los cambios en los fenómenos climáticos estacionales de una manera sencilla y precisa.

Adicionalmente las altas montañas neotropicales, son uno de los ecosistemas más vulnerables a los efectos del cambio climático. Las especies de aves se rigen principalmente por la alimentación, la reproducción y el hábitat, los cuales están en completa interacción con el clima (Stiles, Roselli, & De la Zerda, 2017). Un cambio sustancial de uno o varios de ellos puede ocasionar su migración, hacia zonas más adecuadas o en un peor escenario poner en peligro su permanencia en el tiempo. Por lo tanto, algunas especies nativas ahora consideradas visitantes de elevaciones más

bajas pueden establecerse en zonas altitudinales diferentes. Todo ello requiere monitoreo continuo, para realmente establecer las relaciones fluctuantes, que permitan mejorar la toma de decisiones sobre la biodiversidad.

En este sentido, la Red Fenológica de Aves tiene como fin estudiar el cambio de fechas en que las aves realizan su migración y reproducción, al igual se observan y analizan eventuales cambios en el aumento o disminución de especies nuevas provenientes de altitudes inferiores o superiores, cambios en los ecosistemas y destrucción del hábitat, trayendo como consecuencia la disminución de alimento y analizando cómo el cambio climático afecta su comportamiento, año tras año (Zuluaga Bonilla & Suárez Orduz, 2021). De esta forma se espera eventualmente generar información para la toma de decisiones frente a los impactos que tiene el cambio climático en torno a la conservación y protección de la biodiversidad.

Los estudios fenológicos son esenciales para abordar la estrategia nacional de adaptación al cambio climático mediante el trabajo comunitario, donde cada actor puede convertirse en un observador potencial y, por tanto, en una valiosa fuente de datos fenológicos.



### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Extremos de calor.
- \* Cambios bruscos de temperatura.
- \* Lluvias intensas.
- \* Eventos climáticos extremos.
- \* Interacciones de los efectos del cambio climático y fragmentación del hábitat.



### Impactos atendidos

- \* Pérdida de ecosistemas.
- \* Desconocimiento del grupo funcional de aves.
- \* Cambio de la distribución de especies de aves.

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



Servicios de regulación



HA: Hábitat y alimento para especies



Servicios culturales



IE: Información Estética



CE: Ciencia y Educación

### Enfoques de la medida

Adaptación basada en Ecosistemas.  
Adaptación basada en Comunidades



### Contexto y problemática atendida.

De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en la cuenca del Lago de Tota, en la dimensión de biodiversidad se aprecian niveles de riesgo climático de moderados a Altos en los municipios de Cuítiva y Tota. Esto se debe principalmente a la afectación que tendrían los ecosistemas con los cambios proyectados del clima, sumado a los altos niveles de sensibilidad relacionados con el crecimiento de la frontera agrícola y los niveles de erosión. Adicionalmente, de acuerdo con la delimitación y definición de la Estructura Ecológica Principal (EEP) de la cuenca del Lago de Tota, se encontró que los agroecosistemas ocupan un total de 40,74% del área total, mientras que los ecosistemas naturales ocupan un 32,90% y los cuerpos de agua y zonas pantanosas ocupan un 26,36% (INGEAG, 2019). Esta predominancia de agroecosistemas evidencia tensiones, relacionadas con el aumento de la frontera agrícola, que en efecto se suma a la fragmentación y estado actual de los ecosistemas naturales, lo que disminuye la capacidad de resiliencia general del territorio.

En este sentido la situación actual de la cuenca del Lago de Tota, en cuanto a la dimensión de biodiversidad y los cambios proyectados en el clima, ponen en evidencia interrogantes sobre los verdaderos impactos del aumento o disminución de la temperatura y la precipitación, en el mediano y largo plazo. Lo anterior implica retos relacionados con el conocimiento sobre el clima y la biodiversidad, con el fin de conocer por un lado el grado de adaptación a

las nuevas condiciones meteorológicas y climáticas a corto y mediano plazo y por otro, evaluar las posibles intervenciones sobre el mejoramiento de los hábitats de los grupos funcionales relevantes en la cuenca, como lo son las aves.

A continuación, en la Figura 1, se presenta el árbol de problemas definido para esta Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

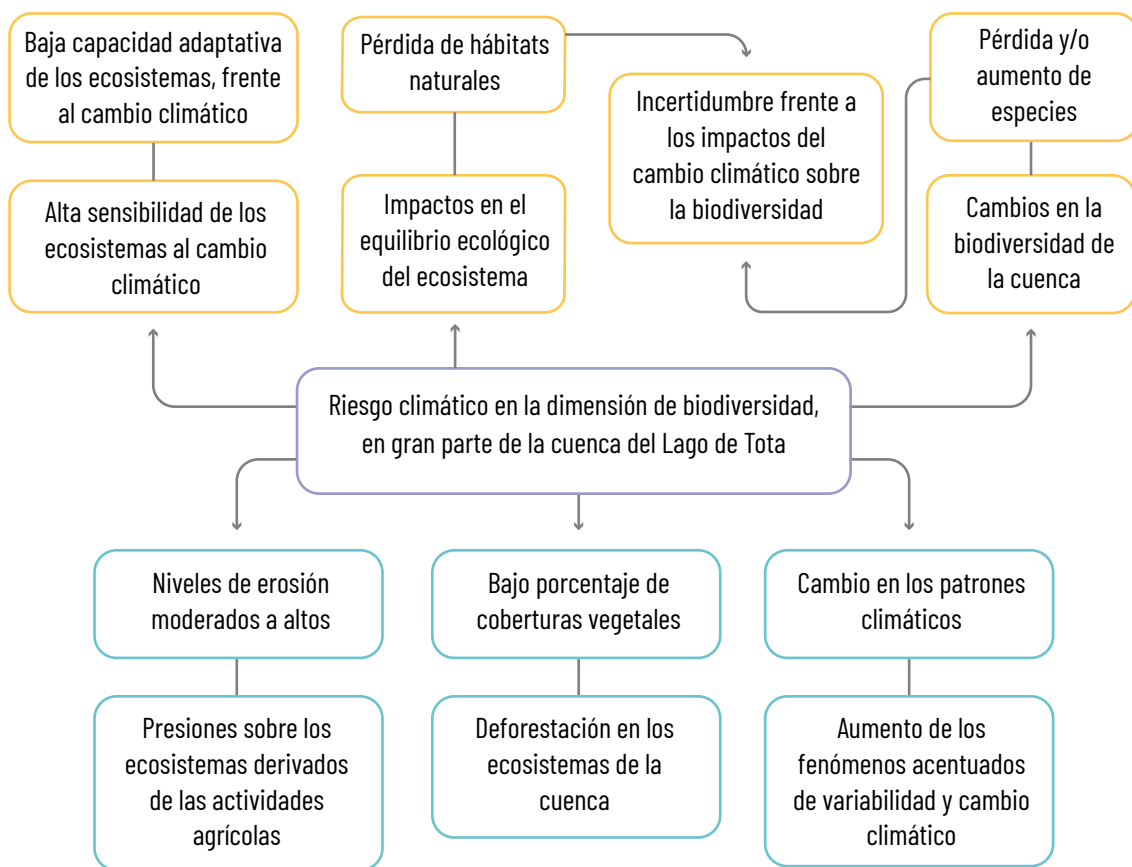


Figura 1. Árbol de problemas definido para la MACC Red de monitoreo fenológica: grupo bioindicador de aves. Fuente: Elaboración propia





### Objetivo en el contexto de cambio climático.

Generar información para el análisis y toma de decisión a partir de la relación entre el grupo funcional de aves, con el cambio climático, los ecosistemas y la destrucción del hábitat dentro de la cuenca del Lago de Tota.

Así mismo se espera, mejorar la capacidad adaptativa de las comunidades, a través de los procesos de monitoreo de bioindicadores fenológicos y posibles impactos actuales y futuros del cambio climático.



### Hipótesis de adaptación.

Considerando los resultados del análisis de vulnerabilidad en la dimensión de biodiversidad y sobre todo las condiciones de sensibilidad y amenaza, se prevén eventuales cambios, que podrían afectar las dinámicas ecosistémicas y por ende la biodiversidad presente en la cuenca. Esto supone una serie de interrogantes sobre los verdaderos impactos de las proyecciones climáticas en la biodiversidad, sumado por supuesto a las presiones actuales hacia los ecosistemas.

En este sentido se propone establecer el grupo funcional de aves como bioindicadores fenológicos debido a la estrecha relación entre los procesos de migración, nidificación, distribución altitudinal y aumento o disminución de especies, con las condiciones del clima. Es por ello, que la implementación de la red fenológica de monitoreo de aves, como medida de adaptación al cambio climático, permitiría, **estudiar, investigar, analizar e interrelacionar indicadores de cambio climático con la biodiversidad, para eventualmente, tomar y evaluar las decisiones para la protección y conservación de la biodiversidad y de los hábitats naturales que la albergan.**



### Lugares potenciales de implementación.

Comunidades ubicadas en la cuenca del Lago de Tota, cercanas a los puntos de monitoreo fenológico de aves.



### Resultados esperados.

Inicialmente es importante aclarar que, sobre los resultados esperados, fue necesario dar un alcance enfocado en generación de información necesaria frente a los impactos del cambio climático y sobre la biodiversidad. Todo lo anterior analizando el grupo bioindicador de las aves, prioritario.

En este sentido los resultados esperados con la implementación de la medida son:

- \* Aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades e instituciones a través del análisis de la fenología de los bioindicadores priorizados.
- \* Establecer la red de monitoreo fenológica, incluyendo protocolos y gestión de la información.
- \* Monitorear especies de la red fenológica de monitoreo sobre el grupo funcional de aves.
- \* Analizar fenología de los bioindicadores de aves establecido.



### Temporalidad de los resultados

Para la implementación se ha definido que los resultados se darán diez (10) años después de implementada la red, considerando que de esta manera se contará con información de línea base sobre las especies, y podrá analizarse de manera comparativa en los períodos de reproducción y de migración anuales.



## Beneficios de la implementación de la medida.

### Sociales



- Fortalecimiento de la capacidad técnica en el conocimiento de biodiversidad por los observadores fenológicos.
- Apoyo en la generación de capacidades de liderazgo y emprendimiento sobre el reconocimiento de la biodiversidad para su aplicación en temas de turismo sostenible.
- Reconocimiento de saberes locales y ancestrales, sobre la biodiversidad.
- Fomento a la educación y conciencia ambiental.

### Económicos



- Fortalecimiento de la cadena de valor del turismo sostenible, a través del aviturismo.
- Apoyo para la diversificación de medios de vida sostenibles en la cuenca del Lago de Tota.

### Ecológicos



- Aumento en el conocimiento de la fenología de las especies y los bioindicadores.
- Sensibilización sobre el cuidado de la biodiversidad en general de la cuenca.
- Aumento del reconocimiento de los hábitats de las especies de aves.
- Promoción sobre el cuidado de ecosistemas naturales y Servicios Ecosistémicos de la cuenca del Lago de Tota.



## Descripción de la metodología

A continuación se describe, de manera general, la metodología para el diseño e implementación de la medida de adaptación: Red de Monitoreo Fenológico de Aves como bioindicadores de los efectos del Cambio Climático en la Cuenca del Lago de Tota:

**I.** Diagnóstico socioambiental: se realizó un análisis del contexto territorial de los aspectos relevantes de los municipios, como son los principales sistemas productivos, ecosistemas principales, actores, nivel de gobernanza, entre otros.

**II.** Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación: en el análisis se integraron los resultados obtenidos de escenarios de variabilidad y cambio

climático, definición de la EEP, presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo, la modelación hidrológica, con lo cual se determinaron zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación en los sectores de sistemas naturales, actividades económicas y educación. Se priorizaron las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA\* y posteriormente se evaluaron sobre el análisis de género, actores y conflictos (Alvarez Peña & Pérez Lora, 2020).

**III.** Recopilación de información sobre la avifauna de la cuenca: Inicialmente se desarrolló una recopilación del componente aves, el cual se realizó a partir del análisis de la información secundaria y la obtenida en campo. Esta revisión consistió en la búsqueda de

publicaciones científicas de la avifauna del Lago de Tota, revisión de listas y registros en la plataforma eBird, Libro Rojo de Aves, gbif.org, registros anuales de Censos Navideños y Censos Neotropicales de Aves Acuáticas, así como la información obtenida en la definición de la Estructura Ecosistémica Principal de la cuenca (Zuluaga Bonilla & Suárez Orduz, 2021).

**IV.** Diagnóstico de las áreas identificadas para el monitoreo: Inicialmente para determinar las áreas de monitoreo se priorizaron zonas que cumplieran con los siguientes criterios:

- \* Contar con antecedentes de monitoreo y seguimiento de aves (Zuluaga-Bonilla y Macana-García. 2016; Salamanca 2020; plataforma de eBird).
- \* Presencia de actores comunitarios involucrados como productores, líderes, lideresas, operadores turísticos, hoteles, reserva de la sociedad civil, operadores náuticos y lancheros.
- \* Que se encuentre dentro de áreas de protección y/o conservación según la Estructura Ecosistémica Principal y salida de campo realizada.
- \* Zonas con facilidad para observar las especies de aves escogidas y sitios cercanos a la residencia de los observadores fenológicos.




Como resultado del análisis de los criterios se seleccionaron nueve (9) puntos de monitoreo, donde se realizaron visitas de campo, las cuales pudo revisar la disponibilidad de hábitat, de vegetación actual y emergente en cada zona y su estado actual de acuerdo con el ecosistema de referencia. Como resultado del análisis anterior, se priorizaron un total de seis (6) puntos de monitoreo (ver tabla 2).



**V.** Identificación de especies bioindicadoras del cambio Climático que aporten información de datos fenológicos: teniendo en cuenta el diagnóstico para la selección de los puntos de monitoreo, se encon-

traron 37 especies de aves sensibles a los impactos del cambio climático. Con el fin de definir un grupo bioindicador se priorizaron y evaluaron las especies, de acuerdo con los siguientes criterios:

- \* Diseño de la Estructura Ecosistémica Principal.
- \* Aumento o disminución de la temperatura.
- \* Aumento o disminución de precipitaciones.
- \* Facilidad de observación e identificación.
- \* Especies migratorias, para poder monitorear los primeros individuos que llegan a la zona y los últimos que se van, y
- \* Especies residentes, para poder monitorear su época reproductiva y como esta es afectada por las condiciones del ecosistema y otras especies.

Según lo anterior, se propuso las siguientes especies bioindicadoras (ver Tabla 1):

| Residente/<br>Migratoria | Nombre científico  | Fenómenos fenológicos de monitoreo   | Fotografía  |
|--------------------------|--|--|---|
| Migratoria               | <p><i>Spatula discors</i></p> <p>Nombre común: Pato Careto</p>             | <p><b>Fenología: Migración</b><br/>Llega a Colombia a principios de septiembre y emprende regreso en abril</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Primer individuo detectado de forma visual.</li> <li>- Fecha en que se detectan más de 2 individuos de forma visual</li> <li>- Fecha en que se lleva detectada durante 3 días consecutivos la especie de forma visualmente.</li> <li>- Último/s ejemplar/es detectado/s de forma visual.</li> <li>-Tiempo meteorológico: Aumento o disminución de temperatura/ precipitación y cómo puede afectar en los fenómenos fenológicos del ave.</li> </ul> <p>(Zuluaga Bonilla &amp; Suárez Orduz, 2021)</p>  |  <p>Hembras y macho. Fotos: Paola Suárez, 2020.</p> |
| Migratoria               | <p><i>Tyrannus savana</i></p> <p>Nombre común: Siriri tijereta</p>         | <p><b>Fenología: Migración</b><br/>Las poblaciones migratorias del sur de la subespecie <i>Tyrannus savana savana</i>, invernan en el norte y oriente de los Andes hasta Colombia, Venezuela, Guyanas y Trinidad. A mediados de mayo la especie empieza a migrar hacia el norte y regresa al sur en agosto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Primer individuo detectado de forma visual.</li> <li>- Fecha en que se detectan más de 2 individuos de forma visual</li> <li>- Fecha en que se lleva detectada durante 3 días consecutivos la especie de forma visualmente.</li> <li>- Último/s ejemplar/es detectado/s de forma visual.</li> <li>-Tiempo meteorológico: Aumento o disminución de temperatura/ precipitación y cómo puede afectar en los fenómenos fenológicos del ave.</li> </ul> <p>(Zuluaga Bonilla &amp; Suárez Orduz, 2021)</p> |  <p>Fotos: Paola Suárez, 2020.</p>                 |
|                          | <p><i>Coccyzus americanus</i></p> <p>Nombre común: Cuclillo migratorio</p> | <p><b>Fenología: Migración</b><br/>Llega a Colombia a mediados de septiembre y se regresa al norte en mayo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Primer individuo detectado de forma visual.</li> <li>- Fecha en que se detectan más de 2 individuos de forma visual</li> <li>- Fecha en que se lleva detectada durante 3 días consecutivos la especie de forma visualmente.</li> <li>- Último/s ejemplar/es detectado/s de forma visual.</li> <li>-Tiempo meteorológico: Aumento o disminución de temperatura/ precipitación y cómo puede afectar en los fenómenos fenológicos del ave.</li> </ul> <p>(Zuluaga Bonilla &amp; Suárez Orduz, 2021)</p>   |  <p>Fotos: Paola Suárez, 2020.</p>                |

| Residente/<br>Migratoria | Nombre<br>científico   | Fenómenos fenológicos de monitoreo  | Fotografía   |
|--------------------------|--|---|--|
| Residentes               | <p><i>Podilymbus podiceps</i></p> <p>Nombre común en el Aica Lago de Tota: Hundidor o Zambullidor Común.</p> | <p><b>Fenología: Reproducción</b></p> <p>En Colombia y el Lago de Tota, se tienen datos generales históricos de presencia de parejas con polluelos entre julio y agosto; nidos entre enero a marzo. El nido es una plataforma flotante de material vegetal con tres huevos blancos que posteriormente se vuelven cobrizos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Primer individuo detectado con plumaje de cortejo.</li> <li>- Fecha en que se detectan más de dos individuos con plumaje de cortejo.</li> <li>- Fecha en la que se lleva detectando durante tres días consecutivos la especie con plumaje de cortejo.</li> <li>- Primeros indicios de cortejo.</li> <li>- Primer individuo llevando material para el nido.</li> <li>- Primer individuo llevando alimento al nido.</li> <li>- Primer pollo nadando.</li> <li>- Último/s ejemplares juveniles detectados.</li> </ul> <p>-Tiempo meteorológico: Aumento o disminución de temperatura/ precipitación y cómo puede afectar en los fenómenos fenológicos del ave.</p> <p>(Zuluaga Bonilla &amp; Suárez Orduz, 2021)</p> |  <p>Adultos Foto: Paola Suárez, 2019</p> |
| Residentes               | <p><i>Cistothorus apolinari</i></p> <p>Nombre común: Cucarachero de Apolinar</p>                             | <p><b>Fenología: Reproducción</b></p> <p>Se conocen datos de época reproductiva en marzo y finales de agosto; huevos registrados en julio volantones observados en octubre. Nido: se encuentran muy escondidos en juncos, en zonas inundables y difíciles de encontrar; tiene forma ovalada y una sola entrada lateral, construido con ramas de junco y hierba de agua y a 1 metro de altura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Primer individuo llevando material para el nido</li> <li>- Primer individuo llevando alimento al nido</li> <li>- Primer pollo nadando</li> <li>- Último/s ejemplares juveniles detectados.</li> </ul> <p>-Tiempo meteorológico: Aumento o disminución de temperatura/ precipitación y cómo puede afectar en los fenómenos fenológicos del ave.</p> <p>(Zuluaga Bonilla &amp; Suárez Orduz, 2021)</p>   |  <p>Fotos: Paola Suárez, 2019.</p>      |



| Residente/<br>Migratoria | Nombre<br>científico   | Fenómenos fenológicos de monitoreo   | Fotografía  |
|--------------------------|--|--|---|
| Residentes               | <p><i>Quiscalus lugubris</i></p> <p>Nombre común:<br/>Chango llanero</p> | <p><b>Fenología: Reproducción</b><br/>           Colonial o solitario; cría todo el año; juveniles observados en octubre. Nido: taza de barro, hojas secas y pasto a altura variable con 2-4 huevos blanco verdoso punteado de café negruzco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Primer individuo llevando material para el nido</li> <li>- Primer individuo llevando alimento al nido</li> <li>- Primer pollo nadando</li> <li>- Último/s ejemplares juveniles detectados.</li> <li>- Tiempo meteorológico: Aumento o disminución de temperatura/ precipitación y cómo puede afectar en los fenómenos fenológicos del ave.</li> </ul> <p>(Zuluaga Bonilla &amp; Suárez Orduz, 2021)</p> |  <p>Hembra<br/>Foto: Johana Zuluaga-Bonilla, 2017</p>  <p>Macho<br/>Foto: Fabián Fernando Camargo, 2020.</p> |

Tabla 1. Especies bioindicadoras de la red de monitoreo.

**VI.** Protocolo de monitoreo para operar la red fenológica de aves en la cuenca: Para el desarrollo del protocolo de monitoreo se revisaron y consolidaron los aspectos generales de cambio climático, fenología, criterios para ser observador fenológico, los lugares de monitoreo, fichas de cada una de las especies bioindicadoras (ver figura 4), lineamientos para el monitoreo de aves residentes y migratorias y el desarrollo de cada una de las fichas de monitoreo (Zuluaga Bonilla & Suárez Orduz, 2021).

**FICHA AVES RESIDENTES**

Fecha: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

Punto de observación: \_\_\_\_\_

Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora final: \_\_\_\_\_

Especie bioindicadora: \_\_\_\_\_

Nombre común: \_\_\_\_\_

Condición del tiempo: Lluvioso  Nublado  Seco  Soleado

¿Ha notado alguna anomalía en el tiempo atmosférico en los últimos tres días? S  No

¿Cudres?: \_\_\_\_\_

Vegetación predominante: \_\_\_\_\_

Color del plumaje: \_\_\_\_\_

Fecha observación plumaje de cortejo: \_\_\_\_\_

Fecha primeros indicios de cortejo: \_\_\_\_\_

Fecha primer individuo llevando material para el nido: \_\_\_\_\_

Fecha individuo incubando: \_\_\_\_\_

Número de huevos en el nido: \_\_\_\_\_

Fecha primeras crías observadas: \_\_\_\_\_

Número de crías en el nido: \_\_\_\_\_

Fecha primer pollo nadando o pichón volando: \_\_\_\_\_

Fecha último(s) ejemplar(es) juveniles detectados: \_\_\_\_\_

Número de individuos observados: \_\_\_\_\_ Número de nido: \_\_\_\_\_

Descripción material, forma y ubicación del nido: \_\_\_\_\_

**FICHA AVES MIGRATORIAS**

Fecha: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

Punto de observación: \_\_\_\_\_

Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora final: \_\_\_\_\_

Especie bioindicadora: \_\_\_\_\_

Nombre común: \_\_\_\_\_

Condición del tiempo: Lluvioso  Nublado  Seco  Soleado

¿Ha notado alguna anomalía en el tiempo atmosférico en los últimos tres días? S  No

¿Cudres?: \_\_\_\_\_

Vegetación predominante: \_\_\_\_\_

Color del plumaje: \_\_\_\_\_

Fecha observación primer individuo: \_\_\_\_\_

Fecha observación de más de dos individuos: \_\_\_\_\_

Fecha último(s) individuos observados: \_\_\_\_\_

Número de individuos observados: \_\_\_\_\_

Observación del estado del clima y/o eventos externos (aumento y/o disminución de temperatura y precipitación, heladas, borascas, granizada, inundaciones)

Figura 4. Fichas de monitoreo fenológico de aves residentes y migratorias Fuente (Zuluaga Bonilla & Suárez Ordúz, 2021)

**VII. Implementación de la Red fenológica de monitoreo de aves:** finalmente y de acuerdo con la selección de puntos de monitoreo y especies bioindicadores, se realizaron las siguientes actividades para la implementación de la red:

- \* Convocatoria abierta para la comunidad en general, interesada en hacer parte de la red.
- \* Generación de materiales para la capacitación de los observadores fenológicos.
- \* Desarrollo de capacitaciones con los observadores fenológicos.
- \* Propuesta de articulación del funcionamiento de la red fenológica, con estrategias relacionadas con el turismo sostenible en la zona.

- \* Capacitación práctica para el monitoreo adecuado de especies bioindicadores de aves y de los equipos y materiales necesarios para el mismo (libreta de campo con las fichas de monitoreo fenológico, binoculares, guía de aves, entre otros).
- \* Articulación con las instituciones locales.
- \* Generación de un plan de acción para operar la red fenológica de monitoreo.
- \* Establecer una plataforma para registrar la información del monitoreo.
- \* Generar e implementar una propuesta de procesamiento de la información de la red.

En la figura 5, se presenta el esquema metodológico del diseño e implementación de la red fenológica de monitoreo.

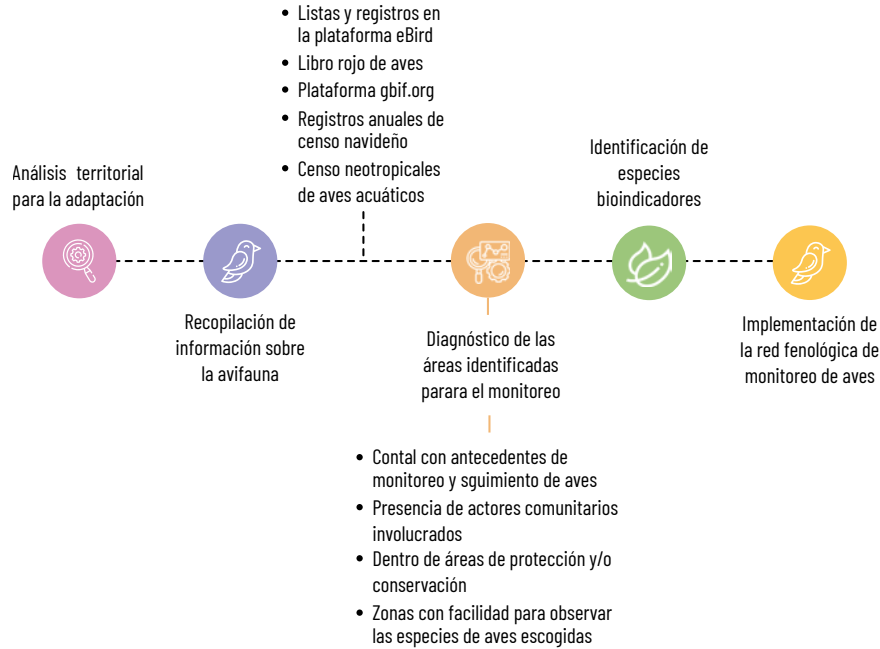


Figura 5. Metodología para la implementación de la medida para la MACC Red de monitoreo fenológica: grupo bioindicador de aves. Fuente: Elaboración propia



## Lugares de implementación

Los puntos de monitoreo de la red fenológica de aves en la cuenca del Lago Tota son:

| Puntos de monitoreo              | Coordenadas                 | Tipo de hábitat            | Especie bioindicadora   |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|
| Quebrada Los Pozos               | 5°33'25.20"N; 72°52'58.30"O | Juncal-vegetación flotante | <i>Podilymbus podiceps</i> , <i>Cistothorus apolinari</i> , <i>Quiscalus lugubris</i> , <i>Spatula discors</i>                          |
| Sede Santa Inés-Corpoboyacá      | 5°32'44.40"N; 72°53'2.99"O  | Juncal-vegetación flotante | <i>Podilymbus podiceps</i>  |
| Río Tobal                        | 5°32'21.97"N; 72°53'25.77"O | Juncal-vegetación flotante | <i>Podilymbus podiceps</i> , <i>Cistothorus apolinari</i> , <i>Quiscalus lugubris</i> , <i>Spatula discors</i> , <i>Tyrannus savana</i> |
| Quebrada La Mugre                | 5°31'5.59"N; 72°54'10.02"O  | Juncal-vegetación flotante | <i>Podilymbus podiceps</i> , <i>Cistothorus apolinari</i> , <i>Quiscalus lugubris</i> , <i>Spatula discors</i> , <i>Tyrannus savana</i> |
| Sector Desagüadero               | 5°29'29.08"N; 72°56'4.99"O  | Juncal-vegetación flotante | <i>Podilymbus podiceps</i> , <i>Cistothorus apolinari</i> , <i>Quiscalus lugubris</i> , <i>Spatula discors</i> , <i>Tyrannus savana</i> |
| Hostal Xieti                     | 5°33'11.06"N; 72°56'57.11"O | Juncal, Bosque altoandino  | <i>Podilymbus podiceps</i> , <i>Cistothorus apolinari</i> , <i>Coccyzus americanus</i>  |
| Reserva Natural Pueblito Antiguo | 5°34'26.18"N; 72°56'27.55"O | Juncal, Bosque altoandino  | <i>Podilymbus podiceps</i> , <i>Coccyzus americanus</i>   |

Tabla 2. Puntos de la Red de monitoreo fenológica: grupo bioindicador de aves.





### Limitantes de la implementación de la medida

- \* Posibilitar la integración de la información de monitoreo fenológico, para la toma de decisiones a nivel local y regional, sobre cambio climático.
- \* Articular las acciones de la red con procesos de cadena de valor relacionados a sectores de la economía con potencialidad en el territorio, como lo es el turismo sostenible.
- \* Motivar la generación de acciones de investigación entorno a los resultados a largo plazo de la red.
- \* Afianzar la gobernanza comunitaria para el desarrollo del monitoreo a largo plazo.
- \* Articular con las instituciones locales.



### Disminución de las brechas de género

Con esta medida se contribuye a la autonomía cultural y en la toma de decisiones de las mujeres, su acceso y control sobre los recursos y a equilibrar las cargas entre el trabajo de cuidado y el de generación de ingresos y capacidades, a través con autonomía económica que se establece con procesos de turismo que se desprenden de la red fenológica de monitoreo (Hernandez, 2021).



### Costos

Unidad básica: diseño de la red fenológica dentro de la cuenca, capacitaciones y equipamiento básico (libreta de campo y binoculares) para 20 observadores fenológicos.

| Principales rubros                       | Costos (COP)* | Fuente de la información |
|--|---------------|--------------------------|
| Estudios, capacitaciones y apoyo técnico | \$19.200.000  | (AICCA, 2021)            |
| Equipamiento                             | \$15.330.000  | (AICCA, 2021)            |
| Imprevistos                              | \$3.453.000   | (AICCA, 2021)            |
| Total pesos                              | \$34.530.000  | (AICCA, 2021)            |

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)

Tabla 2. Puntos de la Red de monitoreo fenológica: grupo bioindicador de aves.



### Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.

- \* Número de personas fortalecidas en el proceso de implementación de la red fenológica de aves.
- \* Número de registros anuales de monitoreo fenológico.
- \* Procesos, experiencias y/o rutas que articulen el monitoreo con el sector turístico.
- \* Porcentaje de área de cobertura de los puntos de monitoreo fenológico.

## Referencias bibliográficas

- Alvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Catálogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. E. (2019). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- CEIDA. (s.f). *Manual del Programa de Seguimiento Fenológico de la Red Española Reservas de la Biosfera*. España.
- Hernandez, L. H. (2021). *Documento con el plan de acción para las estrategias de involucramiento de las comunidades por tipo de actor para cada una de las medidas de adaptación, que sean priorizadas en el proceso de implementación*. Bogotá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.
- INGEAG. (2019). *La Estructura Ecológica de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente, CAF.
- Riaza Luján, M. Á. (2012). *Las observaciones fenológicas como evidencia del cambio climático*. Asociación Técnica de Ecología del Paisaje y Seguimiento Ambiental (ECOPÁS) .
- Stiles, G., Roselli, L., & De la Zerda, S. (2017). Changes over 26 Years in the Avifauna of the Bogotá Region, Colombia: Has Climate Change Become Important? *Fontiers in Ecology and Evolution*.
- Zuluaga Bonilla, J. P., & Suárez Orduz, J. P. (2021). *Documento diseño de la red fenologica de aves de la cuenca del Lago de Tota*. Sogamoso, Boyacá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.



Medida de Adaptación

# Restauración, recuperación y rehabilitación ecológica con enfoque participativo

Medida de complementarias: turismo sostenible,  
centro de germinación de alta montaña.



## Contexto general de la medida.

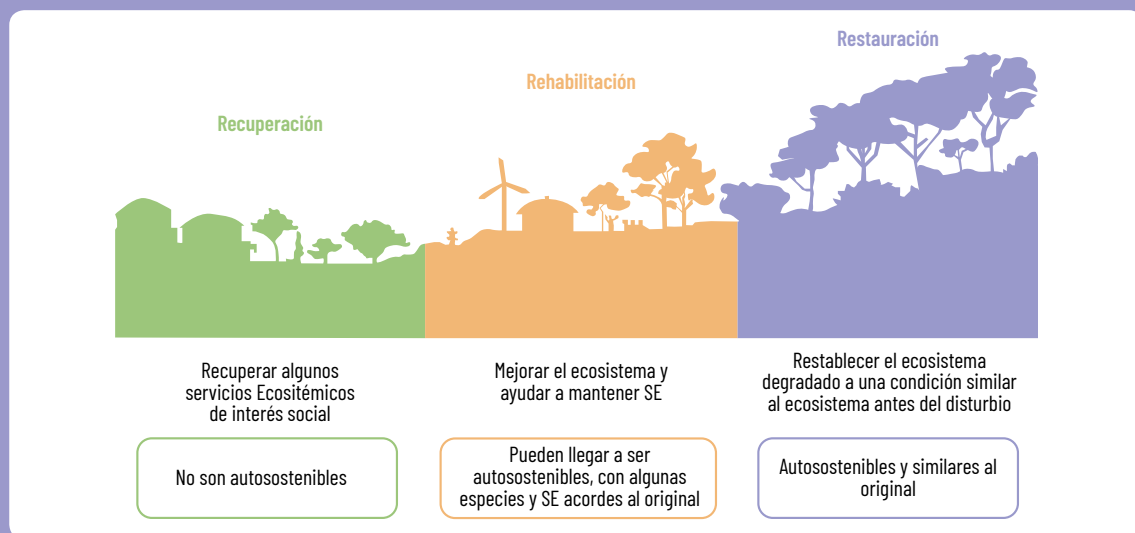
La Restauración Ecológica, es una amplia estrategia que busca generar alternativas en los procesos de gestión y manejo de ecosistemas. Integra la complejidad de los socioecosistemas e implica ayudar a la regeneración de los componentes naturales de los ecosistemas naturales y agroecosistemas, como apoyar el fortalecimiento de los procesos sociales. Tiene como fin restablecer el ecosistema degradado a una condición similar a la predisturbio, respecto a su composición, estructura y funcionamiento (Minambiente, 2015).

De acuerdo con Vargas 2007, y Vargas, Díaz Triana, Reyes Bejarano, & Gómez Ruiz, 2012, es importante resaltar que la restauración depende de múltiples factores individuales y territoriales, como, por ejemplo:

- \* Los factores tensionantes identificados en la zona susceptible de restauración, entre otros.
- \* La estructura, composición y funcionamiento del ecosistema preexistente.
- \* Las condiciones del suelo.

Dependiendo del ecosistema y lo que se espera del mismo, se han definido tres grandes objetivos: la restauración, la rehabilitación y la recuperación ecológica (ver figura 1).

Figura 1. Objetivos de la restauración ecológica. Fuente: Modificado y adaptado de Gann (2019)





### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Vientos fuertes.
- \* Lluvias intensas.
- \* Heladas frecuentes.
- \* Uso insostenible de los recursos locales.
- \* Pérdida y degradación de la biodiversidad.



### Impactos atendidos

- \* Pérdida de ecosistemas
- \* Incendios forestales
- \* Erosión

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



### Servicios de regulación



RC: Regulación climática



RA: Regulación Atmosférica



RH: Regulación hídrica



HA: Hábitat y alimento para especies



FS: Formación del suelo



### Servicios de provisión



RM: Recursos medicinales



RG: Recursos genéticos



### Servicios culturales



CE: Ciencia y Educación



IE: Información Estética

### Co-beneficios en mitigación.

Con la plantación de especies nativas se aporta a la captura de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Además se mejoran las condiciones del suelo para el almacenamiento de carbono (Triberti & otros, 2008).

### Enfoques de la medida.

Adaptación basada en Comunidades.  
Adaptación basada en Ecosistemas.



### Contexto y problemática atendida.

Los escenarios de cambio climático de la cuenca del Lago de Tota muestran que para el período 2026-2050 en un escenario húmedo se presentarían cambios en las lluvias aumentando entre un 15% y un 40%. En el escenario seco habría reducciones entre el 10% y 20%. Sobre las temperaturas media, máxima y mínima, se encontró que todas incrementarían en el orden de 0.5 a 1°C. Por su parte con respecto a la variabilidad climática, se aprecia que los cambios serían cada vez mayores: en el periodo proyectado, se presentarían aumentos de más del 100% en la precipitación o reducciones del 80% (Armenta Porras G. E., 2019) .

A lo anterior se suma que en la cuenca del Lago de Tota se evidencian una serie de problemáticas ambientales, como la pérdida de coberturas boscosas debido a los incendios forestales en la época seca, así como la pérdida de ecosistemas valiosos, consecuencia del crecimiento de la frontera agropecuaria y otras prácticas de alto impacto ambiental. La problemática mencionada ha generado una alta fragmentación de los

ecosistemas de la cuenca y por ende un detrimento en la oferta de Servicios Ecosistémicos (SE) (Ricaurte Ayala, 2004; INGEAG, 2019), provocando en consecuencia una baja capacidad adaptativa para afrontar los cambios adversos en el clima en algunas zonas.

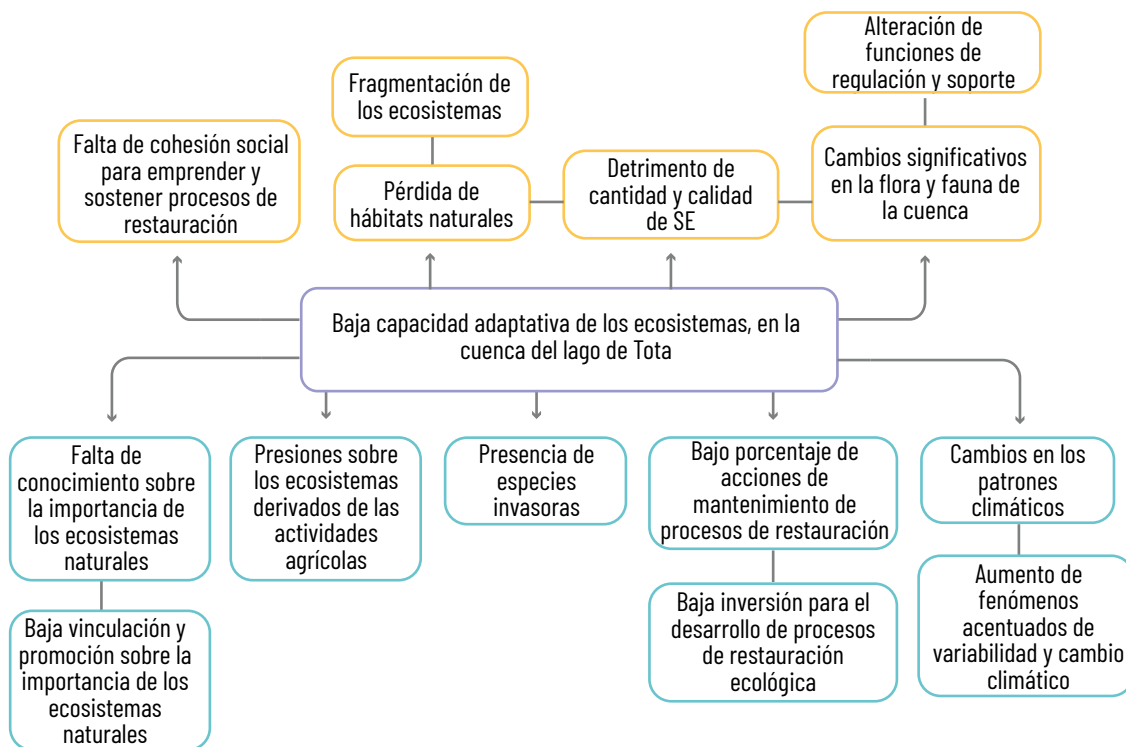
La cuenca del Lago de Tota es altamente dependiente del sector agropecuario, se estima que, aproximadamente, en 1.083,5 hectáreas que corresponden al ecosistema de páramo se están adelantando actividades de producción agropecuaria y que en 542 hectáreas se encuentran plantaciones de coníferas (INGEAG, 2019). Finalmente, los resultados sobre la evaluación de riesgo por cambio climático en la dimensión de biodiversidad, muestra que en su mayoría las veredas de la cuenca se encuentran catalogadas entre alto y muy alto riesgo, lo que está

estrechamente relacionado a la baja capacidad adaptativa de los ecosistemas, debido al estado de deterioro de los mismos.

Esta situación implica retos importantes en cuanto a las acciones de restauración ecológica en las zonas altamente intervenidas y en los ecosistemas estratégicos, a fin de optimizar tanto la provisión de Sistemas Ecosistémicos, como la salud de los ecosistemas, de manera que sea posible amortiguar los efectos producidos por los cambios en el clima proyectados en la cuenca.

A continuación, en la Figura 2, se presenta el árbol de problemas definido para esta Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

Figura 2. Árbol de problemas definido para la MACC restauración ecológica. Fuente: Elaboración propia





### Objetivo en el contexto de cambio climático.

Restaurar, recuperar y rehabilitar zonas con importancia ecosistémica, relevantes para la regulación hídrica, que presenten riesgos climáticos latentes con potencial afectación para los socioecosistemas, en un contexto de aumento de precipitación y temperatura.

Adicionalmente, con la implementación de la medida, se busca mejorar la capacidad adaptativa de las comunidades a través de los procesos de fortalecimiento de capacidades.



### Hipótesis de adaptación.

El análisis territorial para la adaptación evidencia que hay un alto porcentaje de zonas de importancia para la provisión de Servicios Ecosistémicos (SE), sobre todo de regulación y soporte, con una susceptibilidad alta para la implementación de medidas de adaptación. Dentro de los predios priorizados, se identificaron riesgos climáticos altos y muy altos, relacionados principalmente con los cambios en el porcentaje de aumento de la precipitación y aumento de la temperatura para el período 2026- 2050, que oscilan respectivamente entre 19,1 a 19,8% y 0,86 a 0,88 °C. Situación que pone en evidencia amenazas futuras relacionadas con la pérdida de biodiversidad o variaciones en el crecimiento vegetal. **En efecto con esta medida aumentaría la capacidad adaptativa de los ecosistemas, mejorando el estado y calidad de la fauna y flora en contextos de variaciones drásticas de temperatura y precipitación.**



### Lugares potenciales de implementación.

Predios públicos o privados con importancia ecosistémica destinados a la conservación y/o recuperación ecológica.



### Resultados esperados

Los resultados esperados con la implementación de la medida son:

- \* Mejorar la calidad de la fauna y la flora en las zonas de implementación del proceso de restauración.
- \* Aumentar la capacidad de líderes, familias y comunidad, para asumir procesos de restauración ecológica.
- \* Apoyar el proceso de aumento de las coberturas vegetales, para amortiguar posibles eventos extremos.
- \* Posicionar la restauración ecológica participativa, como una medida de adaptación, efectiva en el territorio.



### Temporalidad de los resultados.

Para la implementación se ha definido que los resultados se darían dos (2) **años** después de implementadas las acciones. Lo anterior considerando que dependerán en su mayoría del establecimiento del material vegetal y de las acciones de sostenibilidad que se realicen.



## Beneficios de la implementación de la medida.

### Sociales



- Aumento de la capacidad adaptativa de los habitantes cercanos a los predios.
- Fortalecimiento de la capacidad técnica y organizacional de lo(a)s beneficiario(a)s y de la comunidad que participa en la implementación de las medidas.
- Mantenimiento de Servicios Ecosistémicos de regulación y culturales.

### Económicos



- Disminución de costos relacionados con la atención de eventos hidrometeorológicos.

### Ecológicos



- Mejoramiento de los servicios Ecosistémicos de regulación y culturales.
- Aumento de interacciones con especies polinizadoras.
- Mejoramiento de las prácticas de uso del suelo.
- Amortiguación de los eventos hidrometeorológicos extremos.
- Amortiguación de presiones antrópicas.
- Conservación de zonas de recarga hídrica.
- Mejoramiento de la conectividad ecológica.
- Incremento de la diversidad estructural y funcional de los ecosistemas



## Descripción de la metodología.

De manera general la metodología para el diseño e implementación de la medida de adaptación: restauración ecológica en la cuenca del Lago de Tota se presenta a continuación:

**I. Diagnóstico socioambiental:** se realizó un análisis del contexto territorial de los aspectos relevantes de los municipios, como son, los principales sistemas productivos, ecosistemas, actores, nivel de gobernanza, entre otros.

**II. Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación (ATA):** en el análisis se integraron los resultados obtenidos de escenarios de variabilidad y cambio

climático, definición de la Estructura Ecológica Principal, presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo, la modelación hidrológica, con lo cual se determinaron zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación en los sectores de sistemas naturales, actividades económicas y educación. Se priorizaron las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA\* y posteriormente se evaluaron sobre el análisis de género, actores y conflictos (Álvarez Peña & Pérez Lora, 2020). Durante este proceso se priorizó la medida de adaptación restauración, rehabilitación y recuperación ecológica, con enfoque participativo y



se identificaron zonas preliminares susceptibles de procesos de restauración ecológica.

**III. Identificación y priorización de predios para la restauración ecológica:** considerando las zonas identificadas previamente en el ATA y el trabajo en campo, se identificaron predios estratégicos para la intervención, a través de acciones de restauración ecológica. De acuerdo con los recursos destinados para la actividad, se calificaron y seleccionaron los predios a través de los siguientes criterios (Tabla 1):

Tabla 1. Criterios de priorización de predios susceptibles para la restauración ecológica. Fuente: Obando Vargas, 2019

| Criterios de selección |  |                               |  |
|------------------------|--|-------------------------------|--|
| Cambio Climático       | Análisis de Riesgo - Escenarios de Cambio Climático    | Usos del suelo                | Estructura Ecológica Principal - EEP   |
| Suelo                  | Almacenamiento de Carbono Orgánico en el suelo         | Legal- determinante ambiental | Límite oficial Paramo 1:25000 IAvH   |
|                        | Almacenamiento de agua en el suelo                     |                               | Parques Naturales Regionales   |
|                        | Provisión de suelo para producción agrícola            |                               | Reserva Natural de la Sociedad Civil   |
|                        | Nivel de conflicto de uso de suelo 1 y 2               |                               | Sin figura legal   |
|                        | Nivel de Erosión                                       | Visita de campo               | Accesibilidad / vías   |
|                        | Nivel de Inundación                                    |                               | Áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico                                |
|                        | Susceptibilidad a la remoción en masa                  |                               | Predios con intervención de entidades públicas y/o privadas en proceso de reforestación y/o restauración |
| Ecosistemas            | Orobioma de Páramo (Natural)                           |                               | Voluntad del propietario   |
|                        | Orobioma Andino (Medio)                                |                               | Tradición y libertad del predio  |
|                        | Orobioma Azonal Andino (mayor grado de transformación) |                               | Tipo de propiedad  |
|                        | Ecosistemas alterados                                  |                               |  |
|                        | Agroecosistema alto andino                             |                               |  |
|                        | Agroecosistema de páramo                               |                               |  |
|                        | Arbustal de paramo                                     |                               |  |
|                        | Arbustal alto andino                                   |                               |  |
| Herbazal de páramo     |  |                               |  |

**IV. Diagnóstico ecosistémico:** durante este proceso se usaron como referencia algunos de los aspectos más importantes, propuestos por varios autores, del proceso de restauración tales como:

- \* Definición de determinantes.
- \* Estado actual de los ecosistemas.
- \* El régimen de disturbios y
- \* Los principales tensionantes.

En la tabla 2 se presentan los disturbios predominantes y tensionantes en cada una de las zonas de intervención.

Tabla 2. Disturbios y tensionantes de las zonas de implementación de procesos de restauración. Fuente: (Corporación Montañas, 2021)

| Predio         | Microcuenca      | Régimen de disturbios predominante  | Tensionantes                                   |
|----------------|------------------|---|--|
| Santa Bárbara  | Río Toba         | Sistemas de producción agrícola y ganadera - Potrerización                        | Pastoreo - Agricultura                         |
| Alfombras      | Quebrada Guachal | Sistemas de producción agrícola - Incendios forestales y/o quemas - Potrerización | Pastoreo - Agricultura - Incendios             |
| Curies         | Río Toba         | Sistemas de producción agrícola y ganadera - Potrerización                        | Pastoreo - Agricultura - Plantación forestal   |
| Isla San Pedro | Lago de Tota     | Historial de sistemas de producción agrícola                                      | Historial de agricultura - Plantación forestal |

#### V. Vinculación activa de actores involucrados:

se realizó un proceso abierto en donde se vincularon diversos actores, entre ellos las comunidades, organizaciones y autoridades ambientales, esto con el objetivo de fomentar la participación. Con estos grupos se realizaron 3 talleres de profundización en cada uno de los puntos de intervención con el fin de hacer partícipes del proyecto de restauración a propietarios de predios aledaños, usuarios de los ecosistemas naturales y comunidades circundantes y lograr así, que se comprendan las causas y los efectos de la degradación de estas zonas de importancia hídrica. Se trabajaron temas como los principios de la restauración ecológica, el uso excesivo e incorrecto de pesticidas y fertilizantes inapropiados, la falta de saneamiento, la desecación de humedales y pastoreo intensivo en las cuencas de captación (Corporación Montañas, 2021)

**VI. Implementación de acciones de restauración ecológica:** de acuerdo a las condiciones de cada uno de los predios se diseñaron e implementaron cuatro (4) estrategias de restauración ecológica, que se resumen a continuación:

#### Aislamiento y cercado de protección con cerca viva.

Con el fin de promover la regeneración de los ecosistemas naturales se busca impedir la influencia de los agentes tensionantes sobre las zonas de intervención y para ello se realizó la construcción de cercas en postería, acompañadas de cercas vivas. Las acciones puntuales de aislamiento se presentan en la figura 3.

#### Restauración activa o asistida con nucleación.

La restauración activa tiene la intención ayudar al ecosistema a acelerar los procesos de sucesión ecológica y superar tensiones que impiden la regeneración natural (UICN, 2016). Para el desarrollo de esta actividad se realizaron los diseños florísticos que cubren el establecimiento de zonas con plantación forestal. Los diseños se plantearon como módulos, núcleos, grupos de plantas o mosaicos con bloques de plantación, pero de manera densificada y con distribución heterogénea en el espacio, ubicándolos en los lugares más favorables. A estos los conforman especies de rápido crecimiento, que soportan condiciones microclimáticas (temperatura y humedad), para ayudar a las especies de lento crecimiento en su establecimiento (Corbin & Holl, 2012). Los núcleos aportan mayor heterogeneidad al hábitat en pequeña

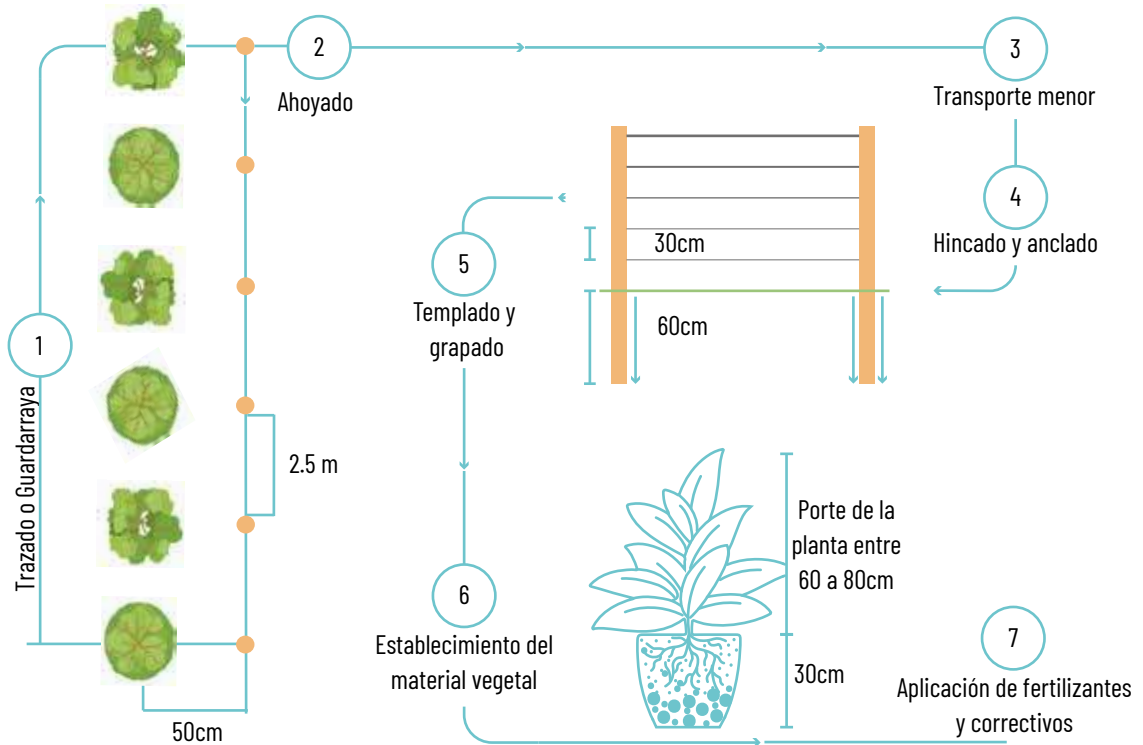


Figura 3. Actividades aislamiento y cercado.

escala, potenciando el restablecimiento de procesos ecológicos, ciclo de nutrientes, entre otras condiciones (Díaz-Páez & Polanía, 2017; Asociación Bosque Nativo, 2021).

También es importante mencionar que para la selección de las especies se consideraron los siguientes criterios:

- \* Especies nativas acorde a las condiciones de cada uno de los predios seleccionados.
- \* Los individuos plantados deben armonizar con la vegetación presente y con las dinámicas ecosistémicas propias de cada predio.

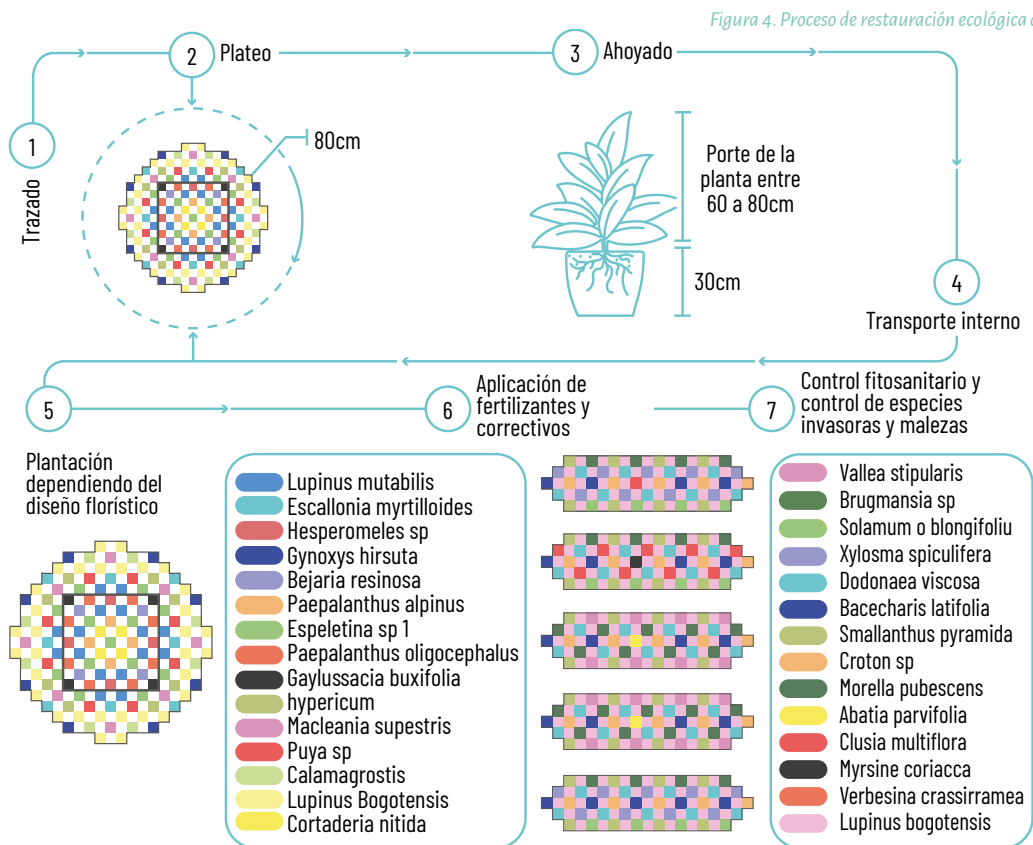
- \* Para el proceso de implementación en campo de acciones de restauración asistida se desarrollaron las siguientes actividades<sup>1</sup> (ver figura 5):
- \* **Rocería:** preparación del terreno dependiendo de las condiciones de la zona.
- \* **Trazado del predio:** de acuerdo con lo acordado con los actores involucrados y de acuerdo a las escrituras del predio.
- \* **Plateo:** se despejó la zona de pastos en un diámetro mínimo de 80 centímetros, alrededor del árbol sembrado. Donde exista cobertura vegetal herbácea nativa, la remoción para la realización del plateo debe hacerse en forma mínima.

1 De acuerdo con los lineamientos de la Autoridad Ambiental, en este caso, la Corporación Autónoma de Boyacá (Corpoboyacá)

- \* **Ahoyado (repique):** Se realizará un hoyo o repique con dimensiones mínimas de 30 centímetros de diámetro por 30 centímetros de profundidad. Sin darle vuelta al suelo, para que facilite el desarrollo del sistema radicular de los árboles.
- \* **Transporte interno:** se realizó desde el sitio de acopio de los insumos (plántulas e insumos) hasta el sitio de siembra definitivo y se limitaron al mínimo con el fin de proteger, los cauces hídricos y las zonas con cobertura vegetal preexistente.
- \* **Plantación (siembra):** Esta actividad comprende la labor de liberar el pan de tierra de la bolsa que lo recubre e introducir y anclar los árboles en el centro del hoyo, cubrir completamente el pan de tierra del árbol establecido. La plantación se

realizó de acuerdo a diseños florísticos de cada uno de las zonas de implementación.

- \* **Aplicación de fertilizantes y correctivos:** Se realizó fertilización focal previo al establecimiento de la plántula en campo.
- \* **Control fitosanitario y control de especies invasoras y malezas:** Se realizaron recorridos de observación para detectar problemas fitosanitarios, presencia de especies invasoras y malezas.
- \* **Mantenimiento:** Se debe realizar un mantenimiento a los 6 meses con el fin de verificar que los individuos estén libres de malezas y las plantas estén en buen estado fitosanitario y de desarrollo, además de hacer fertilización y/o riego de ser necesario.



### Parcelas de seguimiento a procesos de fertilización como estrategia de impulso a la restauración espontánea.

Se establecieron parcelas de fertilización, con el fin de monitorear el desarrollo de la regeneración de la vegetación mediante la aplicación de fertilizantes en diferentes tipos de coberturas del ecosistema de páramo.

### Cosecha forestal o corta.

Hace referencia a la actividad de aprovechamiento forestal, que consiste en el alistamiento de las plantas a cosechar y la preparación en bruto de aquellas partes de la planta o de los productos que se extraerán del bosque hasta el momento previo al desemboque. Puede ser mecánica o manual (Otavo Rodríguez, s.f).

## VII. Mantenimiento de las acciones

El éxito del proceso de restauración depende de la sostenibilidad de las acciones en el tiempo, por ello se realizaron las siguientes actividades generales de mantenimiento:

- \* Realizar el control de arvenses que representen riesgo para las especies plantadas.
- \* Valoración y control biológico de enfermedades o plagas que alcancen niveles de infestación que pongan en riesgo la supervivencia de las plantas.
- \* Fertilización con productos orgánicos.
- \* Replante o reposición de las plantas muertas.
- \* Mitigación de los factores tensionantes que persistan.



### Lugares de implementación.

Los lugares de implementación de la medida de adaptación fueron:

- \* Zona de Páramo de los Curíes (Aquitania).
- \* Zona del Páramo de las Alfombras (Tota).

- \* Zonas del predio Santa Bárbara (Tendido 1 y Tendido 2) (Aquitania).
- \* Isla de San Pedro (Aquitania).
- \* Circuito de la zona del Desaguadero (Aquitania).
- \* Zonas de nacimientos del acueducto Ojito de Agua, sector las Cintas, del municipio Sogamoso.
- \* Zonas de nacimientos de acueductos, Cuarto Alizal, Cuarto San Antonio, Llanitos del municipio de Aquitania.



### Limitantes de la implementación de la medida.

- \* Se debe considerar que para la sostenibilidad de la medida hay que establecer un componente organizativo.
- \* El mantenimiento debe ser acordado con las comunidades y con los municipios- recursos destinados-presupuesto.
- \* El monitoreo debe estar articulado con procesos más amplios tanto del municipio, como de la autoridad ambiental. Esto relacionado con la temporalidad de la medida.
- \* Falta de definición en la titularidad en el proceso de selección de los predios.
- \* Desconfianza de las comunidades frente a la institucionalidad.
- \* Ausencia de gobernanza, debido a la falta de concertación en los procesos de implementación, la intermitencia en la acción institucional y la falta de apropiación social.
- \* Falta de incentivos para el desarrollo de procesos de mantenimiento a largo plazo.
- \* Falta de información con respecto a los impactos positivos y negativos, relacionados con la implementación de acciones de restauración, por parte de la comunidad (apropiación).

- \* Manejo de diferentes tipos de topografía, dependiendo del predio.



### Disminución de las brechas de género.

Esta medida de adaptación puede contribuir a la autonomía económica de los grupos más vulnerables (Hernandez, 2021) al articularse con medidas complementarias como lo es el turismo sostenible, en las cuales el liderazgo y la toma de decisiones por parte de las mujeres, aumenta las posibilidades de diversificar sus ingresos.



### Costos de implementación.

Los costos de implementación dependen de la estrategia de restauración prevista. A continuación, se presentan 3 casos que hacen parte de las tres primeras estrategias planteadas anteriormente (ver numeral a, b y c):

| Caso a-Aislamiento con cerca viva 1 Km   |               |
|--|---------------|
| Ítem                                     | Costos*       |
| Mano de obra                             | \$ 5.481.554  |
| Insumos (incluyendo el material vegetal) | \$ 10.624.940 |
| Transporte mayor                         | \$ 3.187.482  |
| Herramientas                             | \$ 115.054    |
| Capacitación y acompañamiento            | \$ 450.000    |
| Estudios                                 | \$ 500.000    |
| Imprevistos                              | \$ 1.017.951  |
| Total                                    | \$ 21.376.981 |

| Caso b- restauración asistida de 1 Ha  |              |
|--|--------------|
| Ítem   | Costos*      |
| Mano de obra no calificada y calificada actividades / restauración asistida. | \$ 3.325.668 |
| Insumos / restauración asistida.   | \$ 2.867.136 |
| Trasporte - restauración asistida.   | \$ 715.043   |
| Herramientas - restauración asistida.  | \$ 127.627   |
| Capacitación y acompañamiento  | \$ 450.000   |
| Estudios   | \$ 500.000   |
| Imprevistos  | \$ 399.274   |
| Total  | \$ 8.384.747 |

| Caso c -parcelas de fertilización                                |              |
|--|--------------|
| Ítem   | Costos*      |
| Mano de obra calificada actividades de procesos de fertilización | \$ 733.000   |
| Insumos para procesos de fertilización                           | \$ 167.900   |
| Capacitación y acompañamiento                                    | \$ 450.000   |
| Estudios   | \$ 500.000   |
| Imprevistos  | \$ 92.545    |
| Total  | \$ 1.943.445 |

**Nota caso a y b:** estas acciones incluyen dos mantenimientos.

**Nota caso c:** Tamaño de la parcela 500 metros cuadrados.

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)



### Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.

Cambios en la estructura vegetal y en la diversidad del ecosistema.

Cambio en la cobertura vegetal de las zonas de intervención.

## Referencias bibliográficas

- Álvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Catálogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. (2020). *Análisis de vulnerabilidad y riesgos por cambio climático*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, CAF, Minambiente, Ideam.
- Armenta Porras, G. E. (2019). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- Asociación Bosque Nativo. (2021). *Implementación de medidas de adaptación en Tota (Informe producto II)*. Cundinamarca: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Corbin, J., & Holl, K. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, 37-46.
- Corporación Montañas. (2021). *Informe Técnico II, Plan de restauración ecológica en sitios estratégicos de la Cuenca del lago de Tota*. AICCA.
- Díaz-Páez, M., & Polanía, J. (2017). Experiencia piloto de nucleación con especies nativas para restaurar una zona degradada por ganadería en el norte de Antioquia, Colombia. *Biota Colombia*, 60-69.
- Hernandez, L. H. (2021). *Documento con el plan de acción para las estrategias de involucramiento de las comunidades por tipo de actor para cada una de las medidas de adaptación, que sean priorizadas en el proceso de implementación*. Bogotá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- Ideam, PNUD, Minambiente, DNP, CANCELERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.
- INGEAG. (2019). *La Estructura Ecológica de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente, CAF.
- Minambiente. (2015). *Plan Nacional de Restauración Ecológica*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Otavo Rodríguez, E. (Bogotá, D.C). *Guías técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales*. Bogotá D.C.: Minambiente, OIMT, .
- Ricaurte Ayala, P. (2004). *Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca*. Boyacá: Corpoboyacá .
- Triberti, L., & otros, y. (2008). Can mineral and organic fertilization help sequester carbon dioxide in cropland? *European Journal of Agronomy*, 13-20.
- UICN. (2016). *Restauración funcional del Paisaje rural: Manual de técnicas*. San José, Costa Rica: Restauración funcional del Paisaje rural: Manual de técnicas.
- Vargas, O. (2007). *Guía de restauración ecológica del Bosque Alto Andino*. Bogotá. D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Convenio Interinstitucional Acueducto de Bogotá – Jardín Botánico – Secretaría Distrital de Ambiente.
- Vargas, O., Diaz Triana, J. E., Reyes Bejarano, S. P., & Gómez Ruiz, P. A. (2012). *Guía de Restauración Ecológica de los ecosistemas humanos*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.





Medida de Adaptación



# Módulo de producción de fertilizantes orgánicos (Biofertilizantes) en la cuenca del Lago de Tota

Medidas complementarias: Jardines de vida, centro de germinación, restauración ecológica.

Dimensión



Habitat Humano

Área



Actividades económicas

## Contexto general de la medida.

Los abonos orgánicos son mezclas que tienen como finalidad aportar nutrientes al suelo y favorecer el crecimiento de las plantas (Dagoberto, Bojórquez, & García Gutiérrez, 2010; CEUTA, 2006). Entre los tipos de abonos orgánicos que se pueden encontrar están:

El compost (fertilizante sólido), es un tipo de abono ampliamente difundido. Es el resultado de un proceso de descomposición de materia orgánica, causado por microorganismos aeróbicos, que permite sintetizar y obtener un producto de calidad para la nutrición vegetal. Este tiene múltiples ventajas, una de las más destacables, es el aumento en la capacidad de retención de agua en el suelo cuando se usa adecuadamente ( CEDECO, 2005).

El bocashi (fertilizante sólido) es otro tipo de abono levemente fermentado que requiere de algunos elementos adicionales al compost. Se obtiene en un tiempo aproximado de 10 a 15 días ( CEDECO, 2005) y se pueden hacer sustitutos de las recetas originales, con los insumos que cada finca o predio productivo tenga disponible.

Finalmente, el biofertilizante líquido que se realiza a partir de la fermentación anaeróbica de estiércol fresco de vaca y estimulantes como la leche, suero, melaza, entre otros (Stobia, Fernández Viera, Dutto, & Ledesma, 2017). Se puede hacer en grandes volúmenes y usar diluciones del 4 al 10%. Aportan gran cantidad de vitaminas, enzimas y aminoácidos.

Para el desarrollo de un módulo de biofertilizantes o compostaje es necesario:

1. Escoger un lugar adecuado, protegido de las lluvias y de animales como el ganado.
2. Revisar con cuáles materias primas se puede contar en la finca o el predio.
3. Conocer los requerimientos nutricionales del cultivo que se quiere enriquecer.

Los fertilizantes orgánicos, aportan una microflora constituida por grupos de hongos y bacterias que ayudan en el proceso de crecimiento vegetal (Bhardwaj, Wahid Ansari, Sahoo, & Tuteja, 2014). En estos casos los microorganismos y la planta se relacionan de manera simbiótica, para equilibrar las condiciones del suelo.



### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Extremos de calor.
- \* Lluvias intensas.
- \* Uso insostenible de los recursos locales.



### Impactos atendidos

- \* Sequías.
- \* Pérdida de productividad.
- \* Pérdida de cosechas.
- \* Inundaciones.
- \* Baja seguridad alimentaria.
- \* Uso excesivo de ecosistemas naturales y/o atributos ecosistémicos.

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



### Servicios de regulación



RH: Regulación hídrica



HA: Hábitat y alimento para especies



FS: Formación del suelo



### Servicios de provisión



MP: Materias primas



### Servicios culturales



CE: Ciencia y Educación

### Co-beneficios en mitigación

Se mejoran las condiciones del suelo para el almacenamiento de carbono (Triberti & otros, 2008).

### Enfoques de la medida

Adaptación basada en Comunidades.  
Adaptación basada en Ecosistemas.



### Contexto y problemática atendida.

Los escenarios de cambio climático de la cuenca del Lago de Tota, muestran que para el período 2026-2050 en un escenario húmedo, presentaría cambios en las lluvias con aumentos entre un 15% y un 40%. En el escenario seco reducciones entre 10% y 20%. Sobre las temperaturas media, máxima y mínima, se encontró que todas incrementarían en el orden de 0.5 a 1°C (Armenta Porras, 2019). Por su parte con respecto a la variabilidad climática, se aprecia que los cambios serían cada vez mayores: en el periodo proyectado, se presentarían aumentos de más del 100% en la precipitación o reducciones del 80%. Esta situación afectaría de manera gradual a la cuenca considerando, que alrededor de 40,74% (INGEAG, 2019) del área total corresponde a agroecosistemas, y que gran parte de los ingresos de las familias de la zona dependen de la productividad agrícola anual.

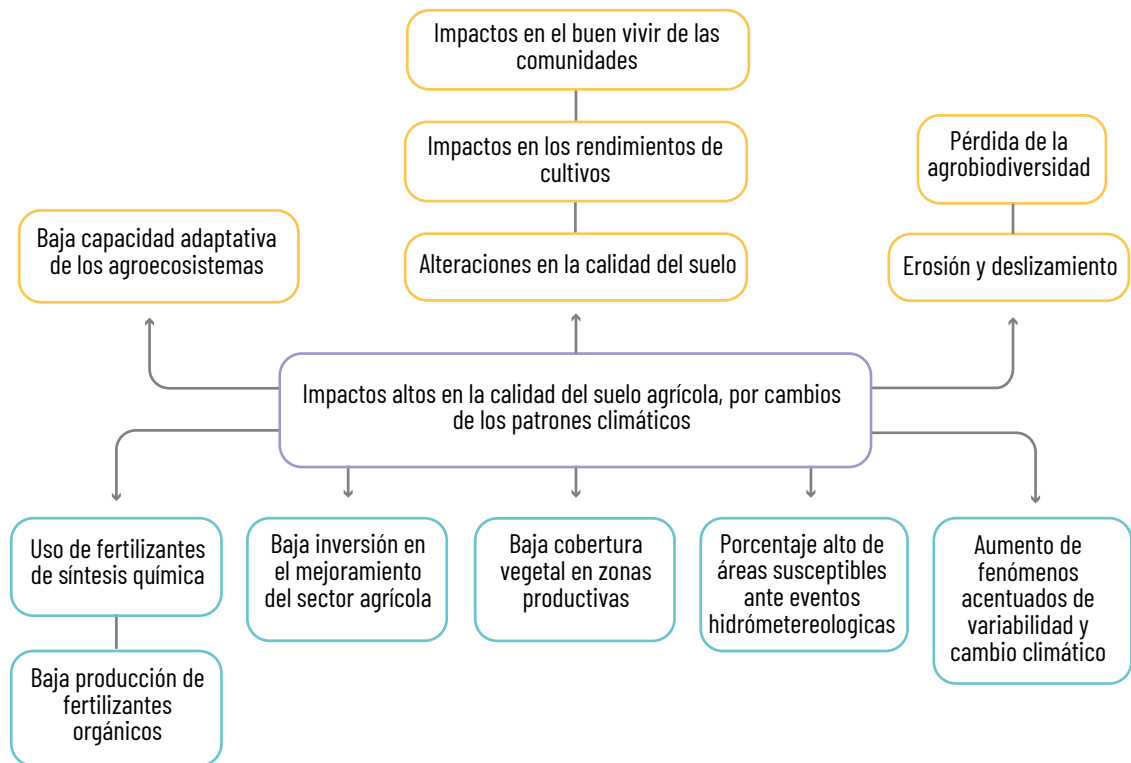
El suelo es un elemento que recibe directamente los impactos del cambio climático. Se ha demostrado que su humedad puede verse gravemente afectada,

disminuyendo paulatinamente con los cambios prolongados de temperatura. Así mismo, la erosión del suelo puede acelerarse por los fenómenos extremos de sequías, heladas, lluvias extremas, entre otros (FONADE, IDEAM, 2013). Adicionalmente, para la cuenca del lago de Tota se ha identificado como uno de los factores estructurales de impacto al suelo, el uso de agroquímicos y la fertilización con gallinaza cruda; que causa problemas por su grado de toxicidad, generando contaminación de las fuentes hídricas aledañas, afectando las relaciones ecosistémicas con diversas especies de fauna y flora y desgastando la capacidad de rendimiento agrícola del suelo (Minambiente, 2014).

Por lo anterior hay que asumir retos para mejorar las prácticas actuales del uso y la calidad del suelo en el sector agrícola y pecuario, con el fin de aumentar la resiliencia y poder salvaguardar la seguridad y soberanía alimentaria, potenciar la agrobiodiversidad y garantizar la adaptación de este importante elemento del sistema productivo y social de la cuenca del Lago de Tota.

La Figura 1 presenta el árbol de problemas definido para esta Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

Figura 1. Árbol de problemas definido para la MACC de producción fertilizantes orgánicos. Fuente: Elaboración propia





### Objetivo en el contexto de cambio climático.

Implementar la producción de fertilizantes orgánicos en diversos sistemas productivos de la cuenca del Lago de Tota, con el fin de mejorar las condiciones del suelo, frente a posibles eventos extremos de variabilidad climática y condiciones prolongadas derivadas del cambio climático.

de cultivos, importación de productos agrícolas, entre otros (Comisión Europea, 2009; FONADE, IDEAM, 2013). **Es por ello, que el uso de abonos orgánicos adecuados para los cultivos, permitiría aumentar la capacidad adaptativa del sector agrícola, mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo,** contribuyendo a la retención del agua, la cantidad de materia orgánica y la nutrición vegetal; aumentando así la resiliencia en los sistemas productivos.



### Hipótesis de adaptación.

La calidad del suelo es fundamental para el sector agrícola, y al tiempo, es altamente vulnerable frente a los cambios en el clima y a la variabilidad climática (García, 2020). Los impactos pueden ser sectorizados, sin embargo, podrían ocasionar inundaciones y deslizamientos en terrenos cultivados, proliferación de plagas, expansión de enfermedades, cambios en los ciclos vegetativos de los cultivos, cambios en los ciclos de plagas, mayor estacionalidad de la producción, pérdidas en la producción y rendimiento



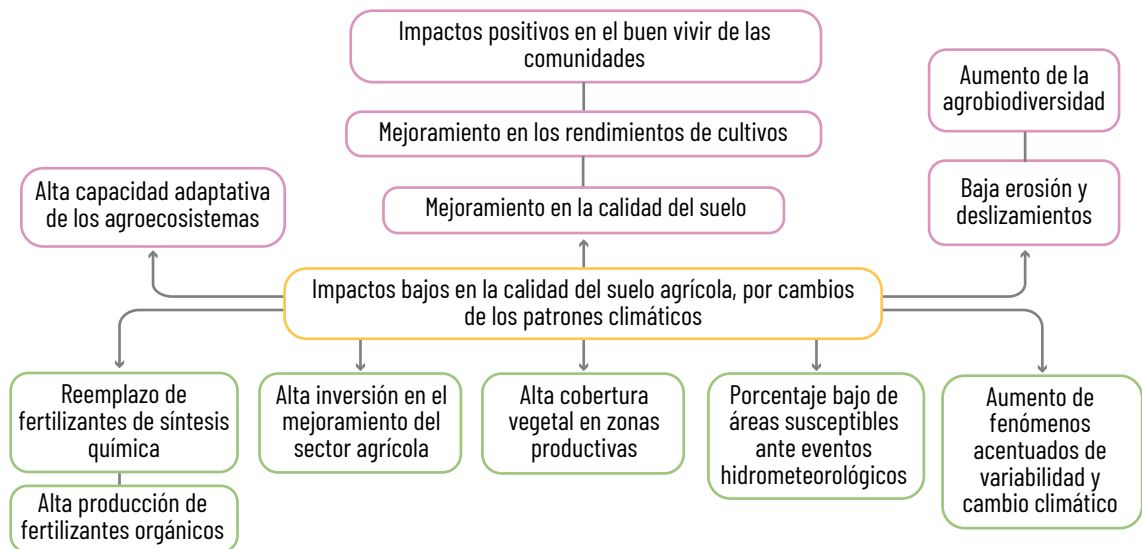
### Lugares potenciales de implementación.

Sistemas productivos en general, ubicados prioritariamente en zonas con susceptibilidad alta en el área de actividades económicas.



### Resultados esperados

Figura 2. Árbol de Objetivo definido para la MACC de producción fertilizantes orgánicos. Fuente: Elaboración propia



En este sentido los resultados esperados con la implementación de la medida en la cuenca del Lago de Tota son:

- \* Aumento de la capacidad adaptativa de los sistemas productivos, a través del mejoramiento del suelo como elemento fundamental para el desarrollo vegetal.
- \* Aumento de las buenas prácticas agrícolas, con enfoque agroecológico en los sistemas productivos de la cuenca del Lago de Tota.
- \* Disminución de los impactos económicos y sociales asociados a pérdidas por calidad y cantidad de suelo apto para cultivos.



### Temporalidad de los resultados.

Se ha definido que los resultados se darán tres (3) meses después del proceso de implementación. Lo cual se estima considerando los tiempos de producción y aplicación de fertilizantes orgánicos.



### Beneficios de la implementación de la medida.

#### Sociales



- Fortalecimiento de la soberanía alimentaria de las familias.
- Aumento de la capacidad adaptativa de las familias.
- Apoyo en la generación de capacidades de liderazgo y emprendimiento.
- Reconocimiento de saberes locales y ancestrales.

#### Económicos



- Apoyo a la economía familiar de beneficiario(a)s.
- Disminución de costos de producción.
- Ahorro en costos de insumos agrícolas como fertilizantes químicos.

#### Ecológicos



- Mejoramiento de las prácticas de uso del suelo.
- Aumento de la microbiota del suelo, benéfica para el desarrollo vegetal y la regulación y retención de agua.
- Disminución de agentes contaminantes infiltrados en el suelo, que se depositan en las fuentes hídricas aledañas.



### Descripción de la metodología para la implementación de producción de fertilizantes orgánicos.

De manera general, la metodología para el diseño e implementación de la medida de adaptación de

producción de fertilizantes orgánicos se describe a continuación:

**I. Diagnóstico socioambiental:** se desarrolló un análisis del contexto territorial, de los aspectos relevantes de la zona de estudio, caracterización los principales sistemas productivos, ecosistemas, actores,

nivel de gobernanza y sistemas agrícolas con Buenas Prácticas Agrícolas, entre otros.

**II. Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación:** en el análisis se integraron insumos para definir las necesidades de adaptación en el territorio. Dependiendo de la información disponible se pueden integrar estudios como: los escenarios de variabilidad y cambio climático, definición de la Estructura Ecológica Principal (EEP), presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo por Cambio Climático, modelación hidrológica, entre otros que se consideren relevantes. Con ello se determinan zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación en los sectores de sistemas naturales, actividades económicas y educación. Finalmente se priorizaron las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA y posteriormente se evaluaron para su implementación, considerando el análisis de género, actores y conflictos (Alvarez Peña & Pérez Lora, 2020).

**III. Selección de beneficiarios:** se realizó una revisión general de las comunidades dentro de los predios clasificados con susceptibilidad media y alta del análisis anterior. Con ellos se aplicó una encuesta de arraigo, vulnerabilidad y dependencia, que permitió priorizar las comunidades que requieren de este tipo de medida de adaptación. Adicionalmente se diseñó una encuesta con la finalidad de caracterizar el diagnóstico de condiciones socioeconómicas de los beneficiarios.

**IV. Construcción e implementación:** La implementación se realizó con la metodología apren-

der-haciendo, involucrando en todo el proceso a los habitantes de cada predio de la siguiente manera:

- a. **Adecuación del terreno:** Se eligió el lugar o la zona para la realización de cada tipo de biofertilizante. Es recomendable que sea un lugar de suelo compacto que esté protegido del viento fuerte y las lluvias. También se aconseja tener listas las herramientas como pala, palo y baldes, para mezclar algunos ingredientes.
- b. **Alistamiento de materias primas:** de acuerdo al tipo de fertilizante orgánico adecuado, y la disponibilidad de los espacios, se realizó el alistamiento de las materias primas. Aquí también es fundamental revisar en el predio o finca, con que insumos se cuenta, y realizar las sustituciones permitidas de acuerdo con la función de cada ingrediente. A continuación, se presentan las cantidades para un fertilizante orgánico sólido y uno líquido:

\* Fertilizantes orgánico sólido: para la producción de 250 Kg de fertilizante se utilizó:

| Fertilizantes orgánico sólido sólidos (250 kg) | Unidad de medida | Cantidad |
|--|------------------|----------|
| Estiércol fresco (vaca, conejasa u otros)      | kilogramo        | 100      |
| Material vegetal                               | kilogramo        | 50       |
| Tierra negra                                   | kilogramo        | 50       |
| Ceniza vegetal                                 | kilogramo        | 20       |
| Hojarasca                                      | kilogramo        | 20       |
| Salvado de trigo                               | kilogramo        | 10       |
| Cisco de carbón                                | kilogramo        | 10       |
| Roca fosfórica                                 | kilogramo        | 10       |
| Melaza   | kilogramo        | 3        |
| Levadura                                       | kilogramo        | 0,25     |

\* Biofertilizante líquido: para 180 L de fertilizantes se requieren los siguientes insumos:

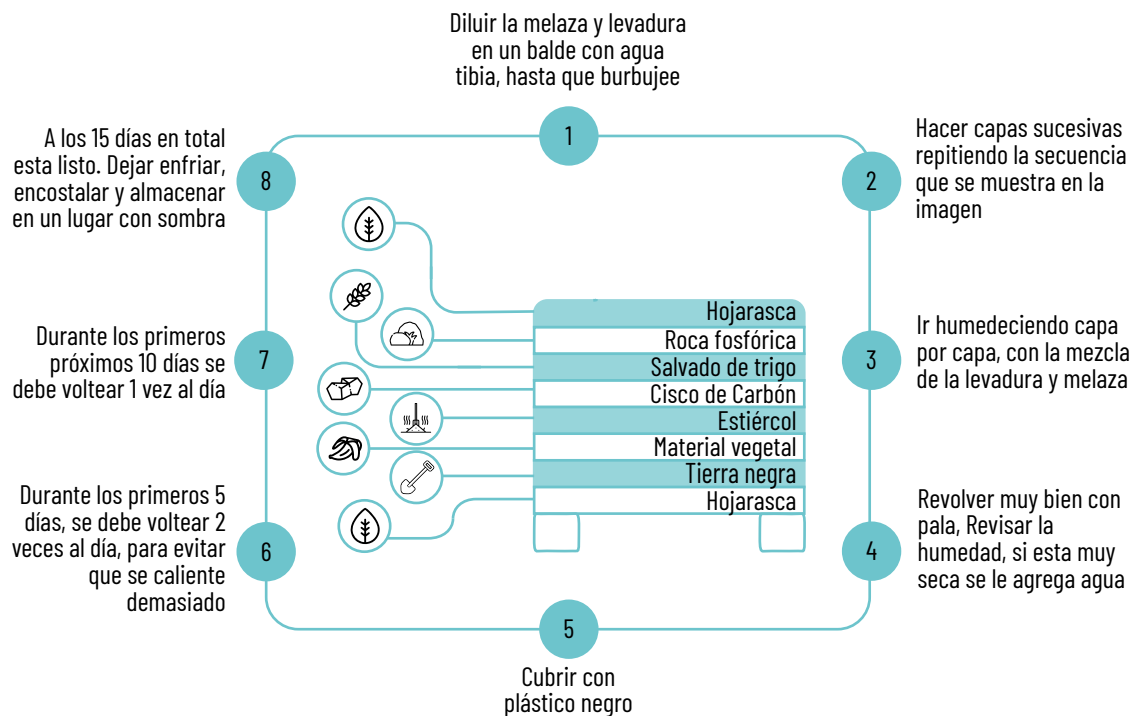
| Biofertilizante líquido (180 -200 L) | Unidad de medida | Cantidad |
|--------------------------------------|------------------|----------|
| Caneca plástica de 200 L             | kilogramo        | 1        |
| Estiércol de Vaca Fresco             | kilogramo        | 40       |
| Leche o suero                        | kilogramo        | 5        |
| Melaza                               | kilogramo        | 7        |
| Ceniza                               | kilogramo        | 0        |
| Sulfato de Cobre                     | kilogramo        | 0,5      |
| Sulfato de Zinc                      | kilogramo        | 1        |
| Sulfato de Magnesio                  | kilogramo        | 1        |

|                      |           |     |
|----------------------|-----------|-----|
| Bórax                | kilogramo | 1   |
| Cloruro de Calcio    | kilogramo | 1   |
| Sulfato de manganeso | kilogramo | 0,4 |
| Sulfato de Hierro    | kilogramo | 0,4 |
| Roca Fosfórica       | kilogramo | 2,5 |
| Harina de hueso      | kilogramo | 1   |

### c. Preparación de fertilizantes orgánicos.

\* Fertilizante orgánico sólido: el tiempo de preparación estimado de este fertilizante es de 15 días y se realiza en presencia de oxígeno (aeróbico), los pasos que se deben seguir para su preparación son:

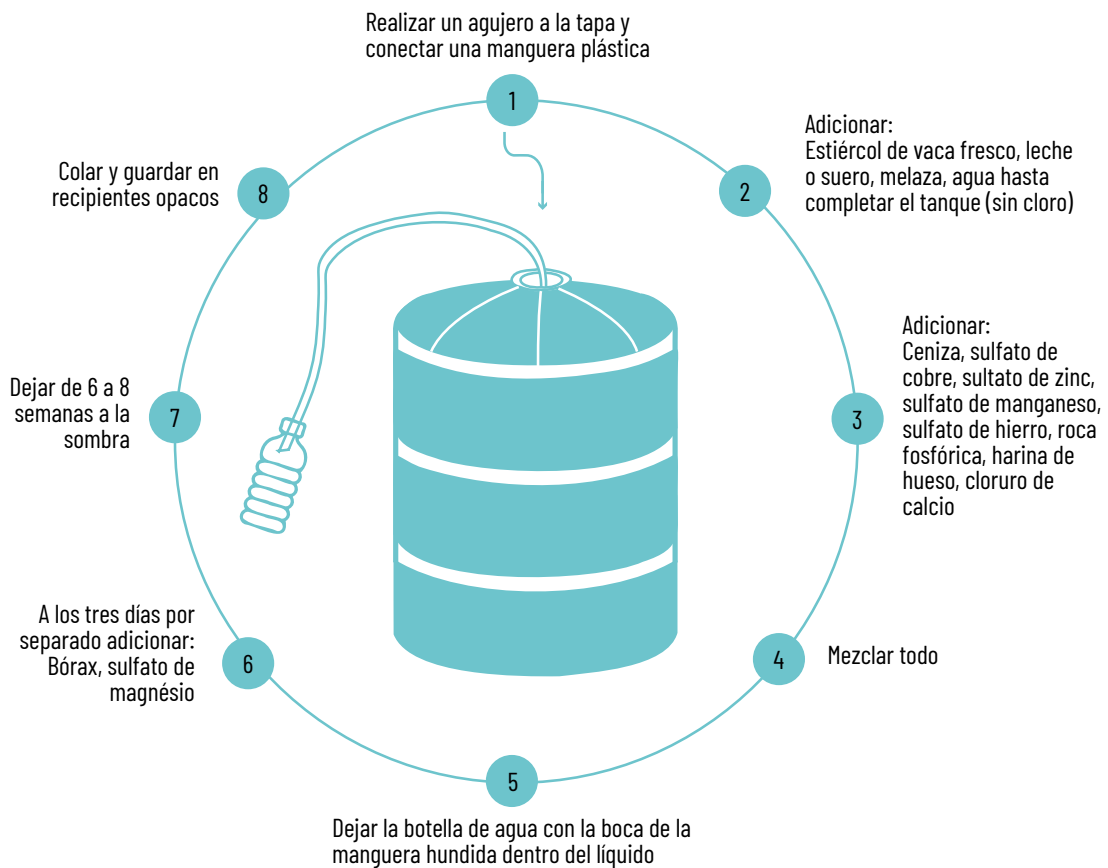
Figura 3. Pasos de la preparación del fertilizante orgánico sólido





- \* Biofertilizante líquido: se realiza a partir de la fermentación anaeróbica de estiércol fresco de vaca, por lo que es fundamental mantener hermético el tanque. Los pasos para su preparación son:

Figura 4. Pasos de la preparación del biofertilizante líquido.



- \* El biofertilizante líquido se aplica directamente en el suelo del cultivo en una dilución de su concentración en agua no clorada del 4 al 10%.



### Lugares de implementación.

Los módulos de producción de fertilizantes orgánicos, se encuentran en predios de los Municipios de Tota, Cuitiva, Sogamoso y en el centro de germinación del municipio de Tota (vereda la Puerta).



### Limitantes de la implementación de la medida.

- \* Demostrar la costo-efectividad y beneficios socioecológicos de la realización de fertilizantes orgánicos, en comparación a la venta de insumos agrícolas.
- \* Se requiere planeación de finca o predio, para adoptar este tipo de medidas.
- \* Considerando los fenómenos de variabilidad climática, es necesario fortalecer la toma de decisiones agroclimática y optimizar la aplicación de fertilizantes orgánicos.
- \* Compromiso constante para dar sostenibilidad a la implementación de producción de fertilizantes orgánicos.



### Disminución de las brechas de género.

Con la implementación de esta medida se contribuye a la autonomía económica y cultural, a la toma de decisiones, al acceso y control sobre los recursos y a equilibrar las cargas entre el trabajo de cuidado y la generación de ingresos (Hernández, 2021). Así mismo, el rol de las mujeres se potencia debido a su importancia en la producción de alimentos para la seguridad y soberanía alimentaria.



### Costos de implementación.

La producción de los fertilizantes orgánicos incluye: costos iniciales de todos los insumos y materiales y el acompañamiento en el proceso de implementación.

| Fertilizantes orgánico sólido sólidos (250 kg) |                   |                          |
|--|-------------------|--------------------------|
| Principales rubros                             | Costos            | Fuente de la información |
| Insumos y materiales                           | \$ 10.000         | (AICCA, 2020)            |
| Capacitaciones y apoyo técnico                 | \$ 250.000        | (AICCA, 2020)            |
| Mano de obra                                   | \$ 200.000        | (AICCA, 2020)            |
| Imprevistos                                    | \$ 46.000         | (AICCA, 2020)            |
| <b>Total pesos</b>                             | <b>\$ 506.000</b> | <b>(AICCA, 2020)</b>     |
| Biofertilizante líquido (180 -200 L)           |                   |                          |
| Principales rubros                             | Costos            | Fuente de la información |
| Insumos y materiales                           | \$ 200.000        | (AICCA, 2020)            |
| Capacitaciones y apoyo técnico                 | \$ 250.000        | (AICCA, 2020)            |
| Mano de obra                                   | \$ 200.000        | (AICCA, 2020)            |
| Imprevistos                                    | \$ 65.000         | (AICCA, 2020)            |
| <b>Total pesos</b>                             | <b>\$ 715.000</b> | <b>(AICCA, 2020)</b>     |

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)



### Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.

- \* Cantidad de agua necesaria por cultivo con fertilizantes orgánicos / Cantidad de agua necesaria por cultivo con fertilizantes químicos.
- \* Rendimiento de los cultivos.
- \* Porcentaje de pérdidas de cultivos por eventos extremos (que apliquen fertilización orgánica).
- \* Porcentaje de adopción de buenas prácticas agrícolas con enfoque agroecológico.



## Referencias bibliográficas

- CEDECO. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. San José, Costa Rica.
- Álvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Catálogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. E. (2019). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- Bhardwaj, D., Wahid Ansari, M., Sahoo, R. K., & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell*, 13 a 66.
- CEUTA. (2006). *Biofertilizantes: Nutriendo cultivos sanos*. Montevideo: Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas.
- Comisión Europea. (2009). *Cambio climático: ¿el suelo puede cambiar las cosas?* Comisión Europea.
- Dagoberto, A., Bojórquez, A., & García Gutiérrez, C. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrario de México. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 51-56.
- FONADE, IDEAM. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento por cultivo*. Bogotá D.C.: IDEAM.
- García, M. (2020). *Plan de Extensión Agropecuaria ajustado para la cuenca del Lago de Tota*. AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente,.
- Hernández, L. H. (2021). *Documento con el plan de acción para las estrategias de involucramiento de las comunidades por tipo de actor para cada una de las medidas de adaptación, que sean priorizadas en el proceso de implementación*. Bogotá: AICCA, CONDESAN, CAF, Ideam, Minambiente.
- INGEAG. (2019). *La Estructura Ecológica de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente, CAF.
- Minambiente. (2014). CONPES 3801. DNP.
- Stobia, D., Fernández Viera, D., Dutto, j., & Ledesma, A. (2017). *Evaluación de biofertilizante líquido y sólido como residuos energéticos provenientes de la biomasa degradada por biodigestión en la producción de plantines hortícolas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias- Córdoba – Argentina*. Córdoba: International advances in clenaer production.
- Triberti, L., & otros, y. (2008). Can mineral and organic fertilization help sequester carbon dioxide in cropland? *European Journal of Agronomy*, 13-20.



Medida de Adaptación

# Sistemas productivos apícolas en la cuenca del Lago de Tota

Medidas complementarias: Restauración ecológica y jardines de vida



Dimensión



Biodiversidad

Área



Actividades económicas

## Contexto general de la medida.

Las abejas son insectos pertenecientes a los himenópteros, reconocidas por estar organizadas socialmente. El grupo está conformado por la reina, las obreras y los zánganos, que se establecen en forma de enjambres (González Guarín, García, & Vanegas, 2020). A nivel mundial las abejas silvestres y domésticas tienen un papel fundamental en los ecosistemas incluyendo los sistemas agrícolas, ya que son las responsables del 80% de la polinización, proceso biológico fundamental para que se fecunden las flores y den frutos y semillas (Gobierno de México, 2014). Se estima que sin la polinización entomófila (realizada por insectos), bajaría la productividad de alimentos en un 75% (Greenpeace Internacional, 2013).

Los nidos de las abejas reciben el nombre de colmenas, estas se alimentan del polen de las flores y la resina de los árboles. El trabajo de las abejas es recolectar alimento a partir de los elementos mencionados, y en este proceso se dispersa el polen en cada parada (IAvH, 2006).

Los sistemas productivos apícolas, son una organización de apiarios, para la crianza y cuidado de las abejas, que permite la producción de miel, polen, propóleos, núcleos de abejas y varios subproductos (SAG, 2005); estos se encuentran conformados por:

- \* Abejas: la reina, las obreras y los zánganos;
- \* Colmenas;
- \* Apiarios conformados por colmenas;
- \* Flora apícola abundante;
- \* Fuente de agua limpia;
- \* Equipos de protección; y
- \* Insumos y elementos para el adecuado manejo de los apiarios.

Se recomienda ubicar los sistemas de producción apícola, aproximadamente a unos 200 metros de las viviendas (sí es el caso) y alejados de zonas públicas, residenciales, carreteras y caminos (SAG, 2005). Así mismo es importante considerar que la zona de ubicación de los apiarios, debe estar protegida de vientos fuertes y estar cerca de zonas con abundante flora apícola (González Guarín, García, & Vanegas, 2020) (Calderón & Sánchez, 2012).



### Amenazas atendidas

- \* Cambios en patrones de lluvias.
- \* Extremos de calor.
- \* Lluvias intensas.
- \* Uso insostenible de los recursos locales.



### Impactos atendidos

- \* Pérdida de productividad.
- \* Uso excesivo de ecosistemas naturales y/o atributos ecosistémicos.

## Servicios Ecosistémicos asociados a la medida



### Servicios de regulación



P: Polinización



### Servicios de provisión



RM: Recursos medicinales



C: Comida



### Servicios culturales



CE: Ciencia y Educación



IE: Información Estética

### Co-beneficios en mitigación.

Con la propuesta, se incentivan acciones de restauración ecológica, que permiten generar alimento a las abejas y con ello se capturan potencialmente emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

### Enfoques de la medida.

Adaptación basada en Ecosistemas.  
Adaptación basada en Comunidades.



### Contexto y problemática atendida.

Dentro de los principales retos que tiene la cuenca del Lago de Tota, con respecto a la dimensión climática, es el de la diversificación de medios de vida de bajo impacto en el suelo. Lo anterior considerando que los escenarios de cambio climático de la cuenca del Lago de Tota (bajo el Escenario Húmedo), muestran que para el periodo 2026-2050, se presentarían cambios en las lluvias con un aumento entre el 15 % y el 40%. Sobre las temperaturas media, máxima y mínima, se encontró que todas incrementarían en el orden de 0.5 a 1°C. Por su parte, con respecto a la variabilidad climática, se aprecia que los cambios serían cada vez mayores: en el período proyectado, se presentarían aumentos de más del 100% en la precipitación o reducciones del 80% (Armenta Porras, 2019).

Ahora bien, a esto se suma que en la cuenca hay problemáticas notorias como la pérdida de coberturas boscosas y la afectación de los ecosistemas de Páramo, que son consecuencia del crecimiento de la frontera agropecuaria, entre otras razones. Esto ha generado una alta fragmentación de los ecosistemas de la cuenca y por ende un detrimento de la calidad y

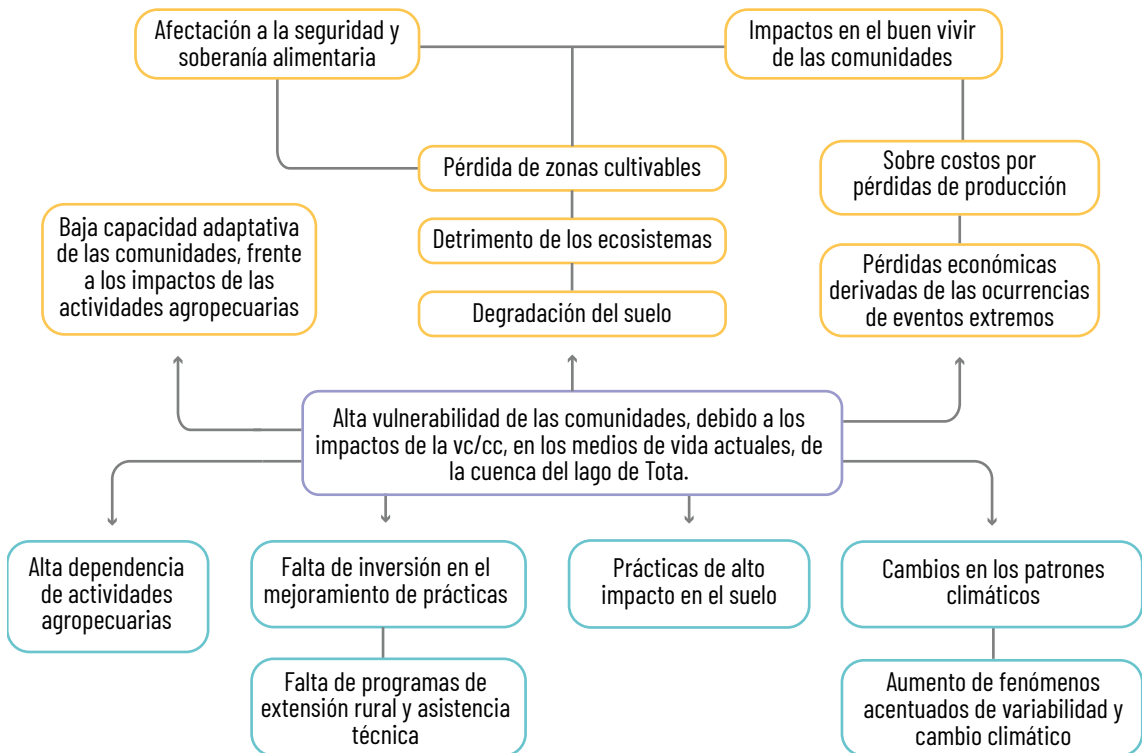
cantidad de los Servicios Ecosistémicos (SE) que prestan los mismos (Ricaurte Ayala, 2004; INGEAG, 2019), lo que produce una baja capacidad adaptativa para afrontar los cambios adversos en el clima.

Estos cambios implican impactos, en los principales medios de vida de la cuenca del Lago de Tota, en la agricultura y ganadería, en las actividades productivas muy vulnerables a las condiciones atmosféricas en el corto y mediano plazo, que además, tienen alto impacto sobre la calidad y cantidad del suelo (García, 2020). Por lo

tanto, las actividades productivas de la cuenca deberían estar encaminadas a integrar y fortalecer los Servicios Ecosistémicos, que proveen las diferentes zonas de la Estructura Ecológica Principal, con el fin de favorecer los servicios de regulación y aumentar así la capacidad adaptativa del territorio.

A continuación, en la Figura 1, se presenta el árbol de problemas definido para esta Medida de Adaptación al Cambio Climático (MACC).

Figura 1. Árbol de problemas definido para la MACC sistemas productivos apícolas. Fuente: Elaboración propia.



**Objetivo en el contexto de cambio climático.**

Diversificar los medios de vida existentes, a través de la implementación

de sistemas productivos apícolas, con el fin de fortalecer la calidad ecosistémica y aumentar la capacidad adaptiva de las comunidades de la cuenca del Lago de Tota.





### Hipótesis de adaptación.

Al implementar los sistemas productivos apícolas como de medida de adaptación al cambio climático,

**se aumenta la capacidad adaptativa de las comunidades, gracias a la diversificación de medios de vida.**

Lo anterior considerando que los cambios previstos en la temperatura y precipitación en la cuenca del Lago de Tota, afectarían directamente las actividades agropecuarias actuales, en las que se estiman pérdidas: de cultivos, de zonas cultivables y pérdidas económicas. Adicionalmente la actividad apícola, permitiría fortalecer procesos de polinización, fundamentales para la recuperación de zonas altamente degradadas y con ello aumentar la capacidad adaptativa de los ecosistemas de la cuenca.



### Lugares potenciales de implementación.

Comunidades de la cuenca del Lago de Tota, que tengan afinidad

con la apicultura, ubicados en zonas con abundante flora y que cuenten con espacio para disponer en la actividad productiva apícola. Es fundamental que la instalación no se encuentre cerca de colegios, hospitales, o cualquier establecimiento que tenga alta afluencia de personas.



### Resultados esperados.

- \* Promover la diversificación de los medios de vida, en la cuenca del Lago de Tota, a través de la implementación de sistemas productivos apícolas.
- \* Capacitar a la comunidad beneficiaria para emprender un proyecto apícola, como actividad productiva de bajo impacto que ayuden a disminuir las presiones hacia el ecosistema.
- \* Aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades beneficiarias, a partir de procesos de capacitación completos sobre la actividad apícola y el establecimiento de nuevas cadenas valor.



### Temporalidad de los resultados.

Los resultados de la implementación de esta medida de adaptación se reflejan en el período de (1) año, después de la puesta en marcha de los sistemas apícolas. Lo anterior considerando los tiempos de producción de miel, polen, propóleos, núcleos de abejas y otros subproductos.



### Beneficios de la implementación de la medida.

#### Sociales



- Fortalecimiento de la capacidad técnica y organizacional de lo(a)s beneficiario(a)s.
- Apoyo en la generación de capacidades de liderazgo y emprendimiento.
- Reconocimiento de saberes locales y ancestrales.

#### Económicos



- Fortalecimiento de nuevas cadenas de valor relacionadas con la apicultura.
- Apoyo a la economía familiar de lo(a)s beneficiario(a)s.
- Generación de ingresos y empleo local.

#### Ecológicos



- Reconocimiento de las funciones y servicios ecosistémicos.
- Fortalecimiento del servicio ecosistémico de polinización dentro de la cuenca del Lago de Tota.
- Disminución de conflictos por el uso del suelo.



## Descripción de la metodología.

De manera general la metodología para el diseño e implementación de la medida de adaptación de diversificación a través de los sistemas productivos apícolas es:

**I. Diagnóstico socioambiental:** se realiza un análisis del contexto territorial, de los aspectos relevantes de los municipios, como son los principales sistemas productivos, ecosistemas principales, actores, nivel de gobernanza, entre otros.

**II. Desarrollo del Análisis Territorial para la Adaptación:** en el análisis se integran los resultados obtenidos de escenarios de variabilidad y cambio climático, definición de la Estructura Ecológica Principal, presiones, análisis de vulnerabilidad y riesgo, la modelación hidrológica, con lo cual se determinan zonas con susceptibilidad para la implementación de medidas de adaptación en los sectores de sistemas naturales,

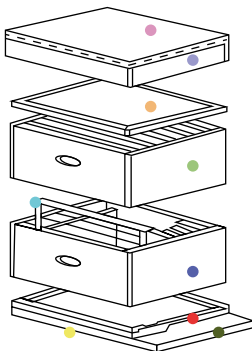
actividades económicas y educación. Se priorizaron las medidas de adaptación de acuerdo con los criterios de efectividad establecidos por FEBA\* y posteriormente se evaluaron sobre el análisis de género, actores y conflictos (Alvarez Peña & Pérez Lora, 2020).

**III. Realizar el diseño participativo de los apiarios:** durante este proceso se revisó de cada predio la cobertura vegetal, vías de acceso, características generales, fuentes de agua y la revisión de establecimientos cercanos. Lo anterior, con el fin de seleccionar el lugar más adecuado para el establecimiento de los apiarios.

**IV. Instalación de los apiarios:** en primer lugar, es importante resaltar que dependiendo de la cantidad de flora alrededor y la disponibilidad de recursos se estima la cantidad de colmenas que pueden estar dentro de los apiarios. El material usado para la instalación de cada apiario se presenta en la figura 2.

Figura 2. Requerimientos para la puesta en marcha de un sistema productivo apícola.

### Estructura de apiario



- Chapa de protección.
- Tapa exterior.
- Tapa cuadrado.
- Alza.
- Cuadro.
- Cámara de cría.
- Piquera
- Base o pie.
- Tablero vuelo.

### Insumos y materiales

- Azúcar bulto por 50kg.
- Centrifugo manual para extracción de miel de acero inoxidable.
- Ahumador mediano.
- Cepillo en madera con cerdas de crin.
- Palanca en acero inoxidable de gancho.
- Trampa polen superiores para el alza mediana.

### Flora apícola nativa



### Elementos de protección personal



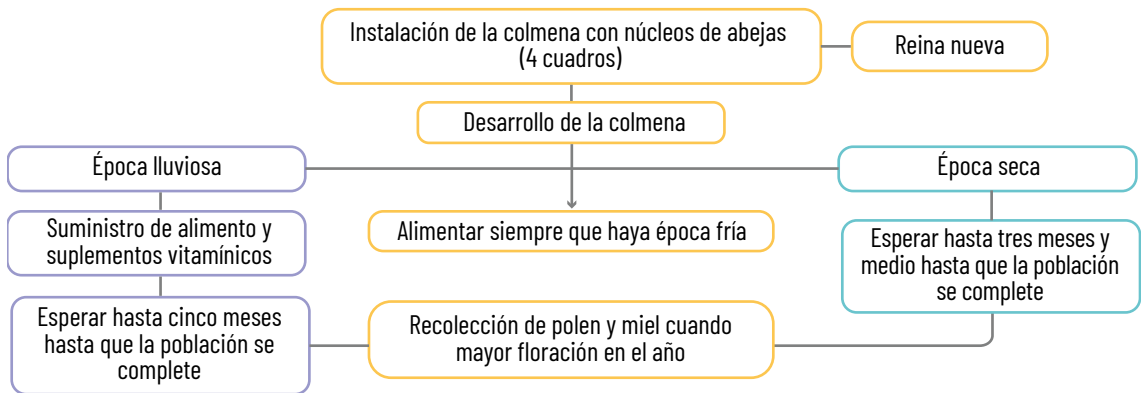
- Careta.
- Traje apícola enterizo, de colores claros.
- Guantes de colores claros.
- Botas, preferiblemente altas de material plástico o de caucho

Adicionalmente también se instaló señalización del lugar donde se establecieron los apiarios y se recomienda realizar una cerramiento o aislamiento de la zona.

### V. Pasos para la puesta en marcha de los sistemas apícolas:

Una vez instalados los apiarios, de manera general para el establecimiento de la actividad apícola, se realizaron las siguientes actividades:

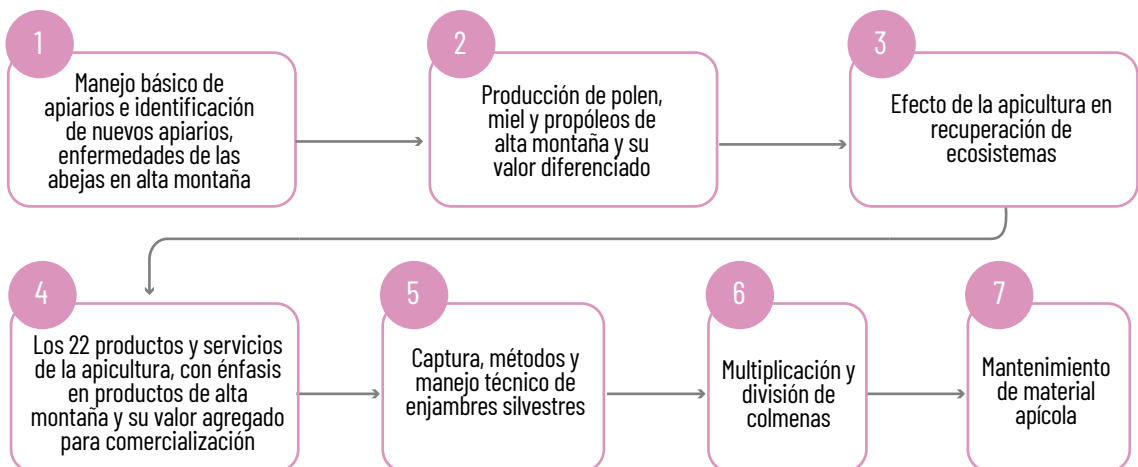
Figura 3. Actividades de establecimiento de las colmenas.



**VI. Proceso de capacitación:** el proceso de establecimiento de apiarios, para el caso del lago Tota, se estructura junto con un programa completo de capacitación que tiene como finalidad el establecimiento de cadenas productivas y comerciales de los

sub-productos obtenidos en el sistema apícola. Los contenidos abordados en el desarrollo de la capacitación se detallan en la figura 4.

Figura 4. Proceso de capacitación para el establecimiento de la actividad apícola.





### Lugares de implementación.

La medida de adaptación de sistemas productivos apícolas se encuentra implementada en los municipios de Aquitania en la vereda Pérez y Suse, en el municipio de Tota en la vereda Toquecha, en el municipio de Cuítiva en la vereda Balcones y en Sogamoso en la vereda las Cintas.



### Limitantes de la implementación de la medida.

\* Dar sostenibilidad al proceso de producción de acuerdo con las

diferentes opciones de comercialización.

- \* El interés público y privado de implementar nuevas prácticas que permitan potenciar el desarrollo de la actividad apícola.
- \* Posicionamiento de los sistemas productivos apícolas, como medio de vida en la cuenca del Lago Tota.
- \* Plantear una estrategia de mercadeo y publicidad para mejorar la cadena valor de la actividad productiva.



### Disminución de las brechas de género.

Con esta medida se contribuye a la autonomía económica, cultural y en la toma de decisiones de las mujeres, su acceso y control sobre los recursos, y a equilibrar las cargas entre el trabajo del cuidado y el de la generación de ingresos económicos.



### Costos.

Unidad básica: 1 apiario de 5 colmenas que incluye todos los insumos detallados en la figura 4.

| Principales rubros                       | Costos*      | Fuente de la información |
|--|--------------|--------------------------|
| Estudios, capacitaciones y apoyo técnico | \$1.000.000  | (AICCA, 2021)            |
| Insumos y materiales                     | \$3.438.000  | (AICCA, 2021)            |
| Talleres de fortalecimiento              | \$500.000    | (AICCA, 2021)            |
| Imprevistos                              | \$ 493.800   | (AICCA, 2021)            |
| Total pesos                              | \$ 5.431.800 | (AICCA, 2021)            |

\*Costos se encuentran en pesos colombianos (COP)



### Pautas para el Monitoreo, Seguimiento y Evaluación para la adaptación.

- \* Número de cadenas de valor emprendidas en los procesos de implementación de sistemas productivos apícolas.
- \* Porcentaje anual de productos derivados de sistemas apícolas.
- \* Porcentaje de réplicas de los sistemas apícolas en la cuenca del Lago de Tota.



## Referencias bibliográficas.

- Alvarez Peña, J. C., & Pérez Lora, P. A. (2020). *Cátalogo de acciones de adaptación al cambio climático para la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Minambiente, Ideam, CAF.
- Armenta Porras, G. E. (2019). *Escenarios de variabilidad climática y cambio climático para la cuenca del lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, Ideam, CONDESAN, Minambiente.
- Calderón, R. A., & Sánchez, L. A. (2012). El sistema productivo apícola: una alternativa para el desarrollo sostenible de la Región Central Sur de Costa Rica. *Un que hacer con impacto social*.
- García, M. (2020). *Plan de Extensión Agropecuaria ajustado para la cuenca del Lago de Tota*. AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente, .
- Gobierno de México. (2014). *La importancia en los servicios ambientales*. La hoja verde.
- González Guarín, M., García, A. M., & Vanegas, J. A. (2020). *Lo que enseñan las abejas*. Bogotá D.C.: Minambiente.
- Greenpeace Internacional. (2013). *Peligros para los polinizadores y la agricultura de Europa*. Amsterdam (Países Bajos).
- IvH. (2006). *Guía ambiental apícola*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- INGEAG. (2019). *La Estructura Ecológica de la cuenca del Lago de Tota*. Bogotá D.C.: AICCA, CONDESAN, Ideam, Minambiente, CAF.
- Ricaurte Ayala, P. (2004). *Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca*. Boyacá: Corpoboyacá .
- SAG. (2005). *Manual Técnico de Apicultura*. Honduras: Secretaría de Agricultura y Ganadería.







Financiado por:



Liderado por:



En alianza con:



CONDESAN  
Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina

