

Estrategias para la prevención y mitigación del proceso de desertificación. Estudio en la cuenca media del río Chicamocha, Colombia



STRATEGIES FOR THE PREVENTION AND MITIGATION OF THE DESERTIFICATION PROCESS. STUDY IN THE MIDDLE BASIN OF THE CHICAMOCHA RIVER, COLOMBIA

ESTRATÉGIAS PARA A PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO. ESTUDO NA BACIA MÉDIA DO RIO CHICAMOCHA, COLÔMBIA

María Camila Lesmes Parra¹

Stefany Morera González²

José Alejandro Salamanca García³

Para citar este artículo: Lesmes Parra, M., Morera González, S., & Salamanca García, J. (2021). Estrategias para la prevención y mitigación del proceso de desertificación. Estudio en la cuenca media del río Chicamocha, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 26(1), 13-36. <https://doi.org/10.19053/01233769.11102>



Recepción:
1 de junio de 2020

Evaluación:
3 de diciembre de 2020

Aprobación:
7 de diciembre de 2020

Resumen

La insuficiencia de instrumentos orientados a la prevención y la mitigación del proceso de desertificación es uno de los factores que incide en la agudización de

- 1 Ingeniera geógrafa y ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia. Estudiante de Maestría en Gestión Socioambiental en la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia. Correo: macalepa19@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2725-7901>
- 2 Ingeniera geógrafa y ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia. Correo: stefannymorera544@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8994-6115>
- 3 Ingeniero geógrafo y ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia. Magíster en Ciencias de la Información Geográfica de la Universidad de Salzbúrgo. Correo: josalamanca@udca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1853-752X>

esta problemática ambiental presente en el noreste del departamento de Boyacá, en la cuenca media del río Chicamocha. Con base en lo anterior, se proponen algunas estrategias que contribuyen al manejo de dicho proceso, considerando elementos biofísicos, socioeconómicos y político-institucionales de la cuenca que apuntan a la consolidación de una herramienta para la toma de decisiones al respecto. El desarrollo del estudio se sintetiza en tres etapas: 1) identificación de las posibles estrategias para prevenir y mitigar la desertificación, 2) representación y distribución espacial de las estrategias potenciales frente al deterioro de la cuenca y 3) evaluación teórico-práctica de las estrategias. Como resultado se definieron cuatro estrategias que abarcaron los sistemas y las prácticas de producción sostenible, los esquemas de pago por servicios ambientales, los sistemas de monitoreo y alerta temprana, y las figuras reglamentarias enfocadas en la declaración de áreas protegidas. Las condiciones biofísicas de la cuenca brindan varias alternativas para la localización de las estrategias, en las cuales son determinantes el uso y el tipo de cobertura del suelo y los marcos nacionales respectivos; sin embargo, las condiciones socioeconómicas se constituyeron en una posible limitante para su implementación. Finalmente, la mayoría de las estrategias están incluidas en los instrumentos de planeación regionales, lo que representa un punto de partida para su eventual ejecución.

Palabras clave: *cuenca, desertificación, estrategias, instrumentos de planeación, mitigación, prevención, uso de la tierra.*

Abstract

The insufficiency of instruments oriented to the prevention and mitigation of the desertification process is one of the factors that affect the exacerbation of this environmental problem present in the northeast of Boyacá Department, in the middle basin of Chicamocha River. Based on the above, some strategies that contribute to the management of this process are proposed, considering biophysical, socioeconomic and political-institutional elements of the basin that aim at the consolidation of a tool for the decision making in this regard. The development of the study is synthesized in three stages: 1) identification of the possible strategies to prevent and mitigate desertification, 2) representation and spatial distribution of the potential strategies against the basin deterioration and 3) theoretical-practical evaluation of the strategies. As a result, four strategies were defined, covering sustainable production systems and practices, payment for environmental services schemes, monitoring and early

warning systems, and regulatory figures focused on the declaration of protected areas. The biophysical conditions of the basin provide several alternatives for the location of the strategies, in which the use and type of soil coverage and the respective national frameworks are decisive; however, socioeconomic conditions became a possible limitation for its implementation. Finally, most of the strategies are included in the regional planning instruments, which represents a starting point for their eventual execution.

Keywords: *Basin, desertification, strategies, instruments planning, mitigation, prevention, land use.*

Resumo

A insuficiência de instrumentos voltados à prevenção e mitigação do processo de desertificação é um dos fatores que afetam a exacerbação dessa problemática ambiental presente no nordeste do Estado de Boyacá, na bacia média do rio Chicamocha. Com base no exposto, são propostas algumas estratégias que contribuem para a gestão de dito processo, considerando elementos biofísicos, socioeconômicos e político-institucionais da bacia que apontam para a consolidação de uma ferramenta para a tomada de decisões nesse sentido. O desenvolvimento do estudo é sintetizado em três etapas: 1) identificação das possíveis estratégias de prevenção e mitigação da desertificação, 2) representação e distribuição espacial das potenciais estratégias contra a deterioração da bacia e 3) avaliação teórico-prática das estratégias. Como resultado, foram definidas quatro estratégias que abrangem os sistemas e as práticas de produção sustentáveis, os esquemas de pagamento por serviços ambientais, os sistemas de monitoramento e alerta precoce e as figuras regulatórias voltadas para a declaração de áreas protegidas. As condições biofísicas da bacia fornecem várias alternativas para a localização de estratégias, nas quais o uso e o tipo de ocupação do solo e os respectivos enquadramentos nacionais são determinantes; no entanto, as condições socioeconômicas tornaram-se numa possível limitação para sua implantação. No final, grande parte das estratégias está inserida nos instrumentos de planejamento regionais, o que representa um ponto de partida para sua eventual execução.

Palavras-chave: *bacia hidrográfica; desertificação; estratégias; instrumentos de planejamento; mitigação; prevenção; uso do solo.*

1. Introducción

La desertificación constituye una problemática ambiental de escala global que ha sido tratada en el capítulo doce del Programa 21, en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED) en 1992 y posteriormente fue destacada en la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) (Naciones Unidas, 1994). Mediante la Ley 461 del 4 de agosto de 1998, Colombia se incorporó a la UNCCD y se comprometió a elaborar el Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (PAN), en el cual se evidencia el nivel de afectación del territorio y se proponen algunas acciones estructurales e instrumentales para el manejo de la desertificación (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2005).

La UNCCD (Naciones Unidas, 1994) define la desertificación como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas causada por diversos factores tanto naturales como antrópicos, la cual debe ser vista como un proceso gradual y de largo plazo (Posada et al., 2020) que genera la pérdida progresiva del equilibrio natural y repercute en la productividad del suelo, la agudización de fenómenos climáticos extremos como la sequía y, en general, en el soporte territorial de la población (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005).

El *Atlas interactivo de la degradación de tierras por desertificación en Colombia*, elaborado por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2005), señala que el Caribe

y los valles interandinos son las regiones más afectadas por la desertificación a nivel nacional. Asimismo, estudios más detallados, como el de Salamanca (2016), indican que, en la región andina, los departamentos de Santander y Boyacá presentan zonas con desertificación potencial, asociadas con condiciones biofísicas propias de los climas secos, y presiones socioeconómicas.

De tal manera, se selecciona la cuenca media del río Chicamocha (CMRCh), ubicada al noreste de Boyacá, como el área de estudio en la cual, según los escenarios planteados por Guevara et al. (2009) en la Formulación del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la CMRCh, para el año 2019 los procesos de desertificación habrán aumentado drásticamente dejando a la población con sistemas de producción agropecuaria de bajísima productividad y sin alternativas económicas.

Adicionalmente, se tienen como agravantes el escaso reconocimiento del proceso de desertificación, la insuficiencia de estudios integrales sobre la problemática en la cuenca y el desconocimiento de alternativas para su adecuado tratamiento.

En esta investigación se proponen algunas estrategias para el manejo de la desertificación en la cuenca, basadas en modelos de acción nacionales e internacionales contenidos en Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005); MAVDT y PNUD (2005); Morales y Parada (2005); World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) et al. (2008); Heshmati y Squires (2013); Sadeghravesh et al. (2016); Cherlet et al. (2018); el *Protocolo de degradación de suelos y tierras por desertificación* del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) et al. (2010) y el *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión* del IDEAM

y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A) (2015).

De forma paralela y como línea base, se realiza la delimitación espacial del proceso de desertificación en la cuenca a partir del modelo environmental sensitive area index (ESAI) creado por el proyecto internacional Mediterranean Desertification and Land Use (MEDALUS), el cual se adapta a diferentes áreas basándose en la medición de parámetros del suelo, el clima, la vegetación y el manejo de la tierra (Lahlaoui et al., 2017; Huai-co, 2018; Natalija et al., 2019), además de los prototipos del proyecto Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) que se caracterizan por involucrar las perspectivas de diversos actores dentro del marco de referencia *fuerzas conductoras-presión-estado-impacto-respuesta* (FPEIR) (WOCAT et al., 2008; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2013).

Las estrategias propuestas para prevenir y mitigar el proceso de desertificación en la CMRCh permiten, en primera instancia, visibilizar esta problemática que puede tener efectos negativos en el bienestar de la población en el mediano y largo plazo y, a su vez, identificar las alternativas de acción de forma espacializada, así como algunos elementos socioeconómicos y político-institucionales que, en conjunto, pueden facilitar la toma de decisiones en torno a su implementación. De tal manera, se aporta al fortalecimiento del PAN a nivel nacional y en general al cumplimiento de los compromisos ambientales relacionados con la lucha contra la desertificación y el paradigma de la degradación neutra de las tierras, como los contenidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

2. Área de estudio

La CMRCh abarca 32 municipios del noreste del departamento de Boyacá y tres municipios del departamento de Santander, en Colombia. Presenta una extensión de 412.684,2 hectáreas, con un paisaje heterogéneo en donde se destaca la variación de altitud que va desde los 850 m. s. n. m. hasta los 5.261 m. s. n. m. Se encuentra en la zona morfoclimática oriental-occidental, lo que implica un alto gradiente térmico, en donde la temperatura oscila entre los 6,9 °C y los 42,6 °C; cabe señalar que la vertiente oriental que limita con el Cañón del Chicamocha posee una mayor humedad y una menor fluctuación de la temperatura que la vertiente occidental (Castro & Agualimpia, 2018). Por otra parte, el 67% de la población está asentada en zonas rurales y la producción agropecuaria es el fundamento de su economía (Serrato, 2007).

Teniendo en cuenta que el proceso de desertificación se presenta fundamentalmente en zonas secas, el estudio se focaliza en el 55,3% de la cuenca que posee climas áridos, semiáridos y subhúmedos. Dichas condiciones responden a factores como la geoforma de cañón presente en la cuenca, en donde se crea un efecto de sombra de lluvia (IDEAM, 2005), además de otros factores naturales que junto con los factores antrópicos representados en la pérdida de vegetación y los usos del suelo se utilizan en la delimitación espacial de la desertificación, la cual se muestra en la Figura 1.

Por otro lado, y con el fin de simplificar el desarrollo de algunas fases metodológicas, se hace énfasis en los ocho municipios de la cuenca que han realizado alguna inversión en proyectos ambientales

y que pueden favorecer la implementación de las estrategias, denominados “municipios verdes”:

Betétiva, Belén, Covarachía, La Uvita, San Mateo, Sativasur, Susacón y Tipacoque.

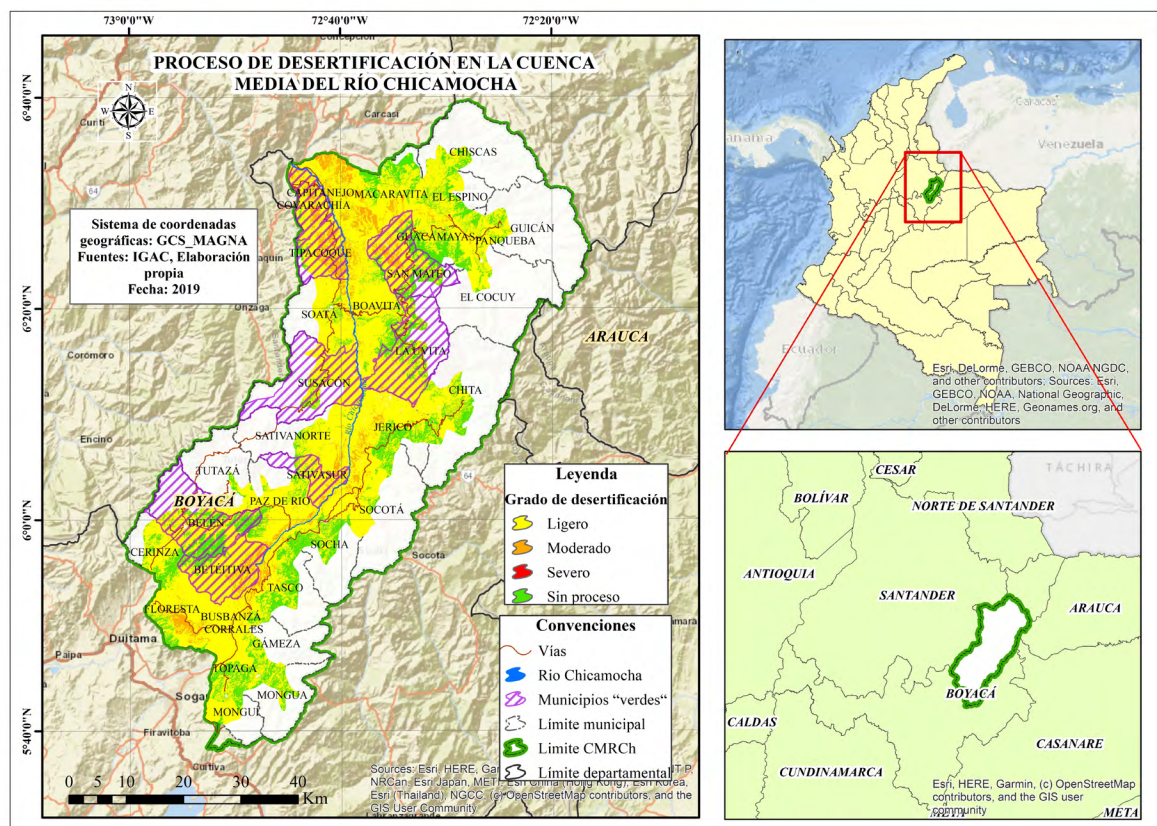


Figura 1. Localización de la cuenca media del río Chicamocha con la distribución del proceso de desertificación

Fuente: elaboración propia (2019)

3. Metodología

En la primera fase de la investigación se llevó a cabo una revisión bibliográfica de las acciones y las alternativas orientadas al manejo de la desertificación propuestas por diversas instituciones técnicas y científicas, las cuales elaboran informes y guías de alta calidad. Para el estudio se seleccionaron nueve compilaciones: tres de escala mundial, tres de escala regional en las que se presentan casos locales tanto de Latinoamérica como de África y

Asia, y tres de escala nacional. Posteriormente, se identificaron y se analizaron las propuestas viables en el medio colombiano y se agruparon en cuatro conjuntos de acuerdo con sus características. Finalmente, se describen las generalidades de estos conjuntos a los cuales se les denomina *estrategias*.

En la segunda fase se realiza una intersección de variables biofísicas que permiten definir espacialmente las estrategias y se identifican las áreas más vulnerables al proceso de desertificación de

acuerdo con lo mencionado en la presente metodología; asimismo, se estudian algunas variables socioeconómicas y político-institucionales que pueden influir en su aplicación.

La identificación del proceso latente de desertificación es clave para la intersección espacial posterior, ya que permite determinar las zonas que requieren acciones concretas en la cuenca. Así pues, basados en los modelos ESAI y LADA, se realiza un análisis multicriterio con las siguientes variables: 1) el clima seco representado por las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de la clasificación climática Caldas - Lang se usa como una aproximación para la delimitación de zonas secas, no obstante, la UNCCD prioriza el uso del índice de aridez; 2) el cambio de la vegetación medido a través del análisis multitemporal del índice de vegetación normalizada (NDVI) entre los años 2003 y 2017; 3) y los usos y cobertura del suelo con procesos de degradación como la erosión y la salinización, que se construyen por medio de la clasificación supervisada de la imagen satelital del año 2017 utilizada en la variable anterior.

Asimismo, se tienen en cuenta otras variables biofísicas dispuestas en formato ráster, como los usos y coberturas del suelo, de elaboración propia, y la zonificación ambiental propuesta en el Plan de Manejo y Ordenamiento de la Cuenca (POMCA), la cual contempla la vocación del

suelo y los ecosistemas, entre otros. En la estrategia de pago por servicios ambientales (PSA) se utiliza, adicionalmente, el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA); para la estrategia de sistemas de monitoreo y alerta temprana se usa el área de influencia de las estaciones meteorológicas e hidrológicas activas del IDEAM, mientras que para la estrategia de figuras reglamentarias se toma el límite de las Prioridades de Conservación Nacional.

De acuerdo con la naturaleza de las estrategias, se seleccionan para cada una los atributos o categorías particulares que contienen las variables biofísicas mencionadas, tal y como se puede observar en la Tabla 1. Los valores elegidos se utilizan para realizar la intersección espacial a través del software ArcGIS, con lo cual se identifican las zonas que cumplen con todas las condiciones simultáneamente.

En el componente político-institucional, se lleva a cabo una revisión de la inclusión directa o indirecta de cada una de las estrategias en las actividades, los lineamientos, los proyectos o los presupuestos contenidos en los instrumentos de planeación regional como el POMCA y el Plan de Acción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá, 2016) como una aproximación a las iniciativas técnicas y normativas planteadas para la cuenca respecto al tema.

TABLA 1. SELECCIÓN DE ATRIBUTOS O CATEGORÍAS DE LAS VARIABLES BIOFÍSICAS PARA CADA ESTRATEGIA

Estrategias										
Estrategia 1. Sistemas y prácticas de producción sostenible		Estrategia 2. Sistema de pago por servicios ambientales		Estrategia 3. Sistemas de monitoreo y alerta temprana		Estrategia 4. Figuras reglamentarias				
Variables		Índole agrícola	Índole pecuaria	Incentivos para los sistemas productivos	Incentivos para la conservación de bosques	Monitoreo de zonas degradadas	Monitoreo de zonas de importancia ambiental	Áreas para recuperación	Áreas para la conservación de bosques	Áreas con belleza escénica
Usos y coberturas del suelo		Uso agrícola	Uso pecuario	Uso agrícola y pecuario	Bosques y áreas seminaturales; áreas con vegetación herbácea o arbustiva.	Bosques y áreas seminaturales; áreas con vegetación herbácea o arbustiva; áreas abiertas, sin o con poca vegetación; superficies de agua.		Bosques y áreas seminaturales; áreas con vegetación herbácea o arbustiva; superficies de agua.		
Zonificación ambiental POMCA		Áreas de producción agrícola, pecuaria y agroforestal		Bosques en general; parques regionales; áreas de producción agroforestal.		Coberturas de páramos degradadas; áreas para recuperación de suelos; áreas afectadas por la extracción minera.		Coberturas de páramos degradadas; áreas para recuperación de suelos; áreas afectadas por la extracción minera.		Misceláneos erosionados como belleza escénica; páramos y subpáramos.
Desertificación		Desertificación ligera, moderada y severa								
Variables específicas		---		Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REAA)		Área de influencia de estaciones meteorológicas o hidrológicas activas del IDEAM		Prioridades de conservación nacional		

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, en el ámbito socioeconómico se revisan aspectos como el régimen de tenencia de tierras, el tamaño de la propiedad, las prácticas de protección de los suelos y la asistencia técnica recibida en cada uno de los municipios verdes a partir de los datos dispuestos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el Geoportal del Censo Agropecuario Nacional (GEOCNA) y del Registro Catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), todos con temporalidad del año 2014.

En la última fase, y con el fin de valorar someramente las estrategias, se recogen las perspectivas

tanto de actores del territorio de los municipios verdes como de expertos en el tema. Se aplicó una encuesta de nueve preguntas a algunos actores del territorio, como funcionarios de la alcaldía y población civil en general, relacionadas con el interés y el conocimiento relativo al proceso de desertificación, además de las opciones de manejo directas o indirectas. Posteriormente, se definió una matriz de decisión con el grupo de expertos conformado por funcionarios del Grupo de Suelos del IDEAM, consultores del WOCAT e ingenieros geógrafos y ambientales, quienes evaluaron las estrategias individualmente con respecto a factores como el tiempo necesario para la implementación, el

tiempo de prolongación o durabilidad, la aplicabilidad por parte de la población, el requerimiento de tecnología y la eficacia.

4. Resultados

Las estrategias son herramientas integradoras de actividades enfocadas al logro de una meta específica y fundamentadas en el análisis integral de una situación. En este sentido, se definieron cuatro estrategias para la prevención y la mitigación del proceso de desertificación en la cuenca: 1) sistemas y prácticas de producción sostenible, 2) sistemas de pago por servicios ambientales, 3) sistemas de monitoreo y alerta temprana y 4) figuras reglamentarias orientadas a la declaración de áreas protegidas. Estas deben ser complementadas por acciones de carácter instrumental como la educación de la población en el tema y la inclusión en instrumentos de planeación regional y local (Posada et al., 2020), en las que es fundamental promover la visión a largo plazo.

El proceso de desertificación en la zona seca de la cuenca es predominantemente ligero en un 74%, en tanto el 7% es de grado moderado y el 19% no presenta degradación.

Teniendo en cuenta el desconocimiento de los actores de los municipios verdes sobre la desertificación, se hace necesario introducir el nuevo paradigma de degradación neutra de las tierras, planteado por la UNCCD, el cual pretende evitar y revertir dicha degradación a partir de la articulación con otros objetivos ambientales y sociales tales como la conservación de la biodiversidad, la adaptación y la mitigación del cambio climático, la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza (Grainger, 2015; Chasek et al., 2019).

En Colombia este paradigma se ha incorporado paulatinamente desde el año 2012 con su inclusión en los ODS, si bien el mayor avance se dio en el año 2017 con el lanzamiento de las Metas Voluntarias de Degradación Neutral de la Tierra para Colombia, las cuales se desarrollaron junto con la línea base propuesta por la UNCCD para el tema: cambios en la cobertura del suelo, y productividad y carbono orgánico en el suelo; cabe precisar que aún no se cuenta con especificaciones regionales (Neira, 2017).

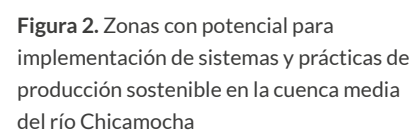
4.1. Estrategia 1: sistemas y prácticas de producción sostenible

Las acciones que se reúnen en esta estrategia, a diferencia de las demás propuestas, son abordadas por todos los autores consultados. WOCAT et al. (2008) y Cherlet et al. (2018) destacan cinco tipos de medidas para el manejo de la desertificación: agronómicas, vegetativas, estructurales, de manejo y combinadas, dos de las cuales se relacionan directamente con los sistemas y las prácticas de producción sostenible.

En primer lugar, se encuentran las medidas agronómicas que buscan mejorar las condiciones del suelo a partir de acciones sencillas como la aplicación de abonos, mantillos y fertilizantes minerales, la siembra directa y la disposición de vegetación particular como las leguminosas. Junto con estas, se encuentran las medidas combinadas tales como los sistemas rotacionales, el manejo del pastoreo, las terrazas y los sistemas agrosilvopastoriles que reúnen acciones vegetativas, estructurales y de manejo para brindar una respuesta integral.

4.1.2. Componente socioeconómico

El régimen de tenencia propio o privado se asocia generalmente con una mayor disposición a las prácticas de conservación del suelo, las cuales



Fuente: elaboración propia (2019).

requieren de diversos recursos. Por el contrario, el arriendo puede constituir una limitante ya que los usuarios emplazados en contratos de corto plazo no tienen interés en realizar prácticas que tendrían resultados en el largo plazo (Bruce, 2000), y eventualmente podría ser una variable para determinar los riesgos para el deterioro y la desertificación. En este orden de ideas, el municipio verde con mayor oportunidad es Belén, pues cuenta con un 62,3% de unidades de producción agropecuarias (UPAS) propias, mientras que Sativasur se presenta como el municipio con mayor cantidad de UPAS en arriendo, equivalentes al 33,8%.

En lo relacionado con el tamaño promedio de la tierra, todos los municipios verdes presentan áreas entre 2,6 y 5,6 hectáreas, lo que corresponde a minifundios en donde la agricultura y la ganadería son principalmente de subsistencia; esta división de la tierra genera que la asistencia técnica sea insuficiente: más del 90% de las UPAS de los municipios no la han recibido, según los datos del Censo Nacional Agropecuario (2016).

No obstante, el DANE indica que el 92% de los municipios de Boyacá realiza por lo menos una práctica de protección del suelo para el desarrollo de sus actividades agropecuarias, entre las cuales se utiliza el enrastramiento en un 72%, la labranza mínima en un 12%, la siembra sin remoción de suelos en un 9% y la rotación de cultivos en un 3%.

4.1.3. Componente político-institucional

Los sistemas y prácticas de producción sostenible están incluidos de manera específica en una de las

líneas estratégicas del POMCA, a través de tres proyectos que suman un porcentaje de inversión del 23,94% del total presupuestado. De manera general, los proyectos abarcan adecuadamente las estipulaciones de la estrategia, que comprenden tanto la asistencia técnica como las prácticas particulares agrícolas, pecuarias y forestales. Asimismo, la estrategia está incluida en el Plan de Acción 2016-2019 de Corpoboyacá de una forma más genérica, como se puede observar en la Tabla 2.

De acuerdo con las encuestas realizadas a los actores de los municipios verdes, esta estrategia es la que mayor oportunidad tiene de realizarse ya que, además de estar contemplada en los instrumentos de planeación local, presenta avances reales en la implementación de sistemas agrosilvopastoriles piloto.

4.1.4. Valoración de los sistemas y prácticas de producción sostenible

Esta estrategia reúne características que, de manera aproximada, la posicionan como la más adecuada. El 72% de los expertos señala que los sistemas y las prácticas de producción sostenible se pueden llevar cabo en el corto plazo y el 100% sostiene que se pueden mantener en el largo plazo; asimismo, el 85% indica que la aplicabilidad por parte de la población es alta, aunque se requieren tecnologías para su desarrollo. En síntesis, el 72% la califica como una estrategia de alta eficacia, inclinándose más hacia la mitigación que hacia la prevención de la desertificación.

TABLA 2. SISTEMAS Y PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN

Estrategia 1. Sistemas y prácticas de producción sostenible			
Plan de Acción Corpoboyacá 2016-2019			
Línea estratégica	Proyecto/actividad		
Procesos productivos competitivos y sostenibles	Manejo y protección del suelo (basado en el Proyecto de Conservación de Agua y Suelo [PROCAS])		
	Fortalecimiento del conocimiento ambiental en buenas prácticas en los sectores productivos		
Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Media del río Chicamocha			
Línea estratégica	Proyecto/actividad	Presupuesto (COP)	% con respecto al presupuesto total
Promoción de procesos productivos competitivos sostenibles	Establecimiento de sistemas agroforestales	11.230.582.404	18,23
	Manejo de pastos de corte	148.366.240	0,24
	Asistencia técnica agrícola, pecuaria y forestal	3.370.447.400	5,47

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Corpoboyacá (2016).

4.2. Estrategia 2: sistemas de pago por servicios ambientales

Morales y Parada (2005), MAVDT y PNUD (2005) y Heshmati y Squires (2013) incluyen, entre las medidas de manejo de la desertificación, el diseño y la adopción de incentivos económicos para la conservación. En esta línea se encuentran los sistemas de PSA, los cuales se basan en un acuerdo mercantil en el que los beneficiarios de los servicios ecosistémicos compensan económicamente a los proveedores que deben mantener o modificar el uso de suelo, en el caso de requerirse (Blanco et al., s. f.).

En Colombia este tipo de iniciativas se vienen desarrollando desde los años noventa, no obstante, es hasta la expedición del Decreto Ley 870 de 2017

en donde se presentan las disposiciones técnicas, normativas, institucionales y financieras para su implementación. Teniendo en cuenta dichos preceptos, así como las modalidades de PSA señaladas por González y Riascos (2007), se proponen dos líneas de acción para la cuenca: incentivos para la implementación de sistemas productivos sostenibles e incentivos para la protección, la reforestación y la conservación de bosques.

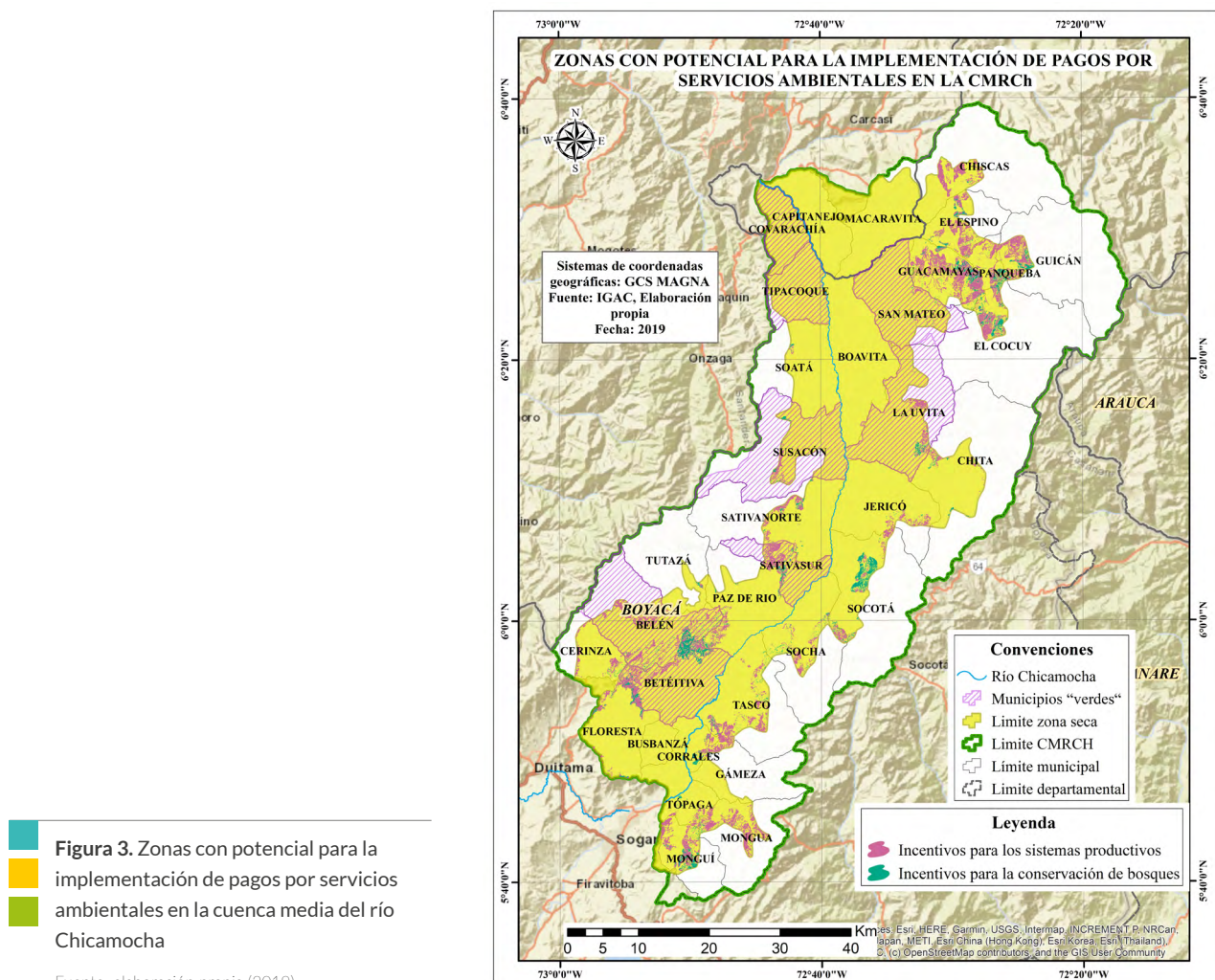
4.2.1. Componente biofísico

El área con potencial para la implementación de sistemas de PSA es de 19.173,42 hectáreas, que equivalen al 8,4% de la zona seca, y su distribución en la CMRCh se puede observar en la Figura 3. Es de señalar la importancia del insumo cartográfico del REAA en la intersección espacial ya que

constituye un avance técnico en la delimitación de espacios aptos para este tipo de incentivos a nivel nacional, lo que proporciona un marco consistente para la propuesta.

Todos los municipios verdes, excepto Covarachía, tienen potencial para la implementación de la

estrategia; Belén es el de mayor oportunidad y San Mateo el de menor capacidad a nivel de extensión. Predomina la modalidad de incentivos para los sistemas productivos sostenibles sobre los incentivos para la conservación de los bosques debido principalmente al tipo de uso de suelo agropecuario preponderante en la cuenca.



4.2.2. Componente socioeconómico

Al igual que la estrategia anterior, la implementación de PSA debe considerar la tenencia y el tamaño de la tierra, ya que puede condicionar de cierta

manera su aplicación. Las unidades propias y de usufructo cuentan con una mayor probabilidad de incorporación frente a las demás categorías de tenencia debido a que facilitan los procesos requeridos para acceder al incentivo.

Asimismo, los minifundios y las propiedades pequeñas presentan mayor prioridad de acuerdo con lo establecido en el Decreto Ley 870 de 2017; no obstante, esto puede ser ineficaz a nivel ecológico ya que, por lo general, las áreas de importancia ambiental requieren de una conectividad que puede verse limitada si la medida se implementa solo en pequeñas porciones de terreno (Blanco et al., s. f.). Lo anterior hace necesaria la asociatividad tanto de las comunidades como de los municipios.

4.2.3. Componente político-institucional

El PSA se encuentra incluido directamente en una de las líneas estratégicas del POMCA con un porcentaje de inversión de tan solo el 0,45% del total presupuestado, tal y como se puede observar en la Tabla 3. Por su parte, en el Plan de Acción de Corpoboyacá esta iniciativa se inclina hacia una de las modalidades propuestas: los incentivos para los sistemas productivos sostenibles dentro de un marco departamental que brinda un mayor respaldo.

La información recolectada en campo, brindada por algunos funcionarios de las alcaldías como secretarios de Planeación y secretarios de Gobierno de los municipios verdes, evidencia la inclinación de la Administración municipal hacia la compra de predios para la conservación, la cual se limita, por lo general, a cercar el área sin realizar proyectos que aumenten su funcionalidad, como sucede con los esquemas de incentivos económicos.

4.2.4. Valoración de los sistemas de pago por servicios ambientales

El 72% de los expertos señalan que los PSA se pueden implementar en el corto plazo y mantenerse en el largo plazo; este mismo porcentaje indica que la aplicabilidad por parte de la población puede llegar a ser alta y que no tiene requerimientos de tecnología considerables, en lo cual este estudio difiere. En general, se califica como una estrategia de alta eficacia que puede contribuir principalmente a la prevención de la desertificación.

TABLA 3. PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN			
Estrategia 2. Pago por servicios ambientales			
Plan de Acción Corpoboyacá 2016-2019			
Línea estratégica	Proyecto/actividad		
Procesos productivos sostenibles	Promoción y gestión de estrategias relacionadas con esquemas de pago por servicios ambientales en los sectores productivos (Marco Boyacá 2030, 20% menos carbono)		
Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Media del río Chicamocha			
Línea estratégica	Proyecto/actividad	Presupuesto (COP)	% con respecto al presupuesto total
Fortalecimiento de la gestión institucional	Diseño de un esquema de pago por servicios ambientales	275.048.910	0,45

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Corpoboyacá (2016).

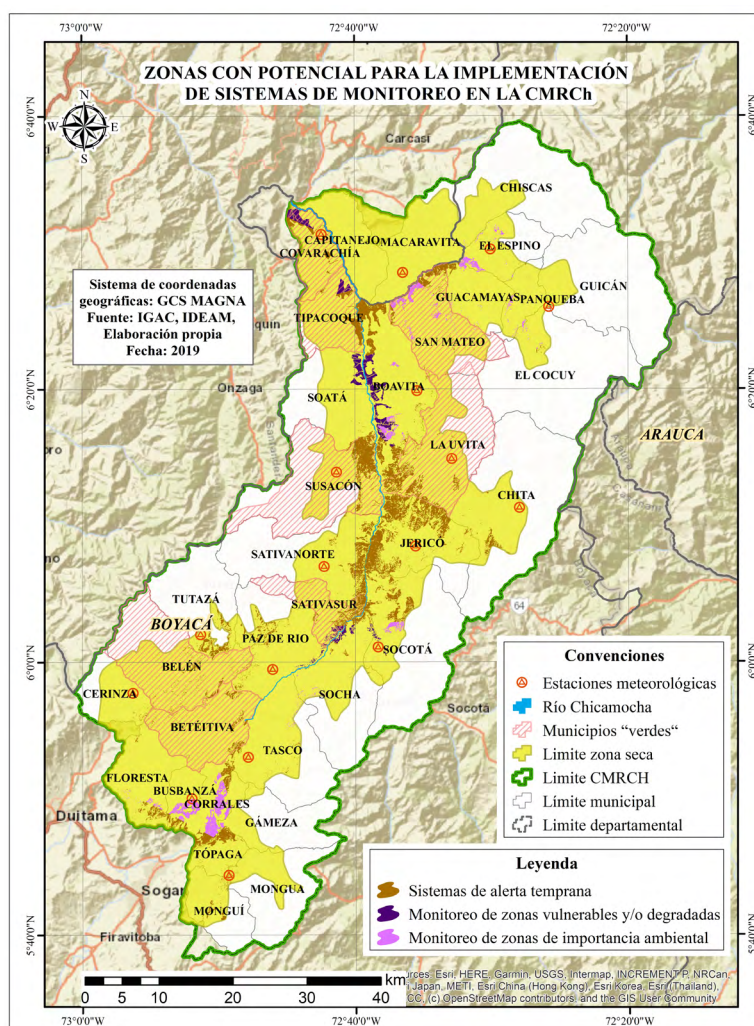
4.3. Estrategia 3: sistemas de monitoreo y alerta temprana

La falta de monitoreo es una de las razones que impiden la comprensión y la visualización de la desertificación, así como su dimensionamiento como un problema realmente importante (Matallo, 2005). De tal manera, una de las alternativas relacionadas directamente con la prevención de dicho proceso es el diseño e implementación de sistemas de indicadores que permitan hacer un seguimiento a partir de modelos FPEIR (WOCAT et al., 2008; Gómez, 2019).

Además de facilitar el monitoreo del ambiente a través del tiempo, estos esquemas sirven de base para la construcción de sistemas de alerta temprana que permiten, a su vez, tomar medidas rápidas y eficaces para reducir los daños. Aunque estos sistemas se relacionan principalmente con el campo meteorológico, es necesario cambiar la perspectiva hacia la simulación de escenarios de pérdida de las condiciones óptimas de los recursos naturales a partir de las alteraciones en el espesor del suelo, la producción primaria y las reservas de agua, entre otros (Martínez et al., 2016).

Figura 4. Zonas con potencial para la implementación de sistemas de monitoreo en la cuenca media del río Chicamocha

Fuente: elaboración propia (2019).



En este sentido, el PAN define dos acciones relevantes para la estrategia, que se han desarrollado deficientemente a la fecha: 1) el monitoreo de la degradación de la tierra a través de una red experimental de sensores que permiten determinar la declinación de la materia orgánica y los nutrientes necesarios para la productividad y 2) la implementación de un sistema de información, evaluación y alerta temprana conectada a la red de estaciones que facilite la retroalimentación constante con la comunidad (MAVDT & PNUD, 2005).

4.3.1. Componente biofísico

Las áreas identificadas en esta estrategia son aquellas que deben ser objeto de seguimiento especial, por lo cual se diferencian entre monitoreo de zonas degradadas y monitoreo de zonas de importancia ambiental, además de zonas para los sistemas de alerta temprana, correspondientes a la intersección de las dos primeras, dentro del área de influencia de las estaciones meteorológicas e hidrológicas activas del IDEAM; la extensión resultante es de 19.364,67 hectáreas que equivalen al 8,5% de la zona seca, como se puede observar en la Figura 4.

Los municipios con potencial para los tres tipos de esquema son Susacón, La Uvita y Sativasur. Por otro lado, Tipacoque y Covarachía presentan mayor capacidad para la implementación de sistemas de monitoreo de zonas degradadas, mientras que

San Mateo y Susacón cuentan con mayor extensión para el monitoreo de zonas de importancia ambiental.

Es importante señalar que esta estrategia, al dirigirse a sistemas de monitoreo y alerta temprana, presenta un vacío relacionado con la localización estratégica de centros de operación particulares como observatorios ambientales, instituciones vinculadas y nodos de medición, de vital importancia para la comunicación con los actores del territorio, la validación de los datos y la toma de decisiones (Gudiño et al., 2015).

4.3.2. Componente político-institucional

La estrategia de sistemas de monitoreo y alerta temprana se incluye en el POMCA a través de tres proyectos que representan un 1,43% de inversión del total presupuestado, como se establece en la Tabla 4. Estos son acordes con la propuesta, ya que abarcan el monitoreo de las coberturas y el uso de la tierra, indispensable para identificar el proceso de desertificación; la articulación de los sistemas de información en donde, pese a que no se nombra su naturaleza, se pueden incluir indicadores del modelo FPEIR; y la modelación de la erosión, fundamental para la implementación de sistemas de alerta temprana que requieren del estudio de otras variables adicionales.

TABLA 4. SISTEMAS DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA EN INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN

</

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Corpoboyacá (2016).

4.3.3. Valoración de los sistemas de monitoreo y alerta temprana

La mayoría de los expertos coinciden en que estos sistemas son necesarios para identificar, visibilizar y responder a la problemática de la desertificación; sin embargo, también señalan que su implementación puede llegar a ser compleja. El 72% opina que el tiempo requerido para su desarrollo es de mediano plazo, con una prolongación en el largo plazo; este mismo porcentaje indica que la aplicabilidad por parte de la población es de media a baja, con altos requerimientos de tecnología y articulación institucional.

4.4. Estrategia 4: figuras reglamentarias

Las figuras reglamentarias hacen referencia a herramientas que exigen el cumplimiento de ciertas disposiciones ambientales que contribuyen a la prevención y la mitigación de la desertificación, entre las que podemos mencionar las políticas, las normas, las tasas y los incentivos. No obstante, esta estrategia no profundiza en el marco normativo, sino en la distinción de áreas protegidas que cuentan con un componente reglamentario y uno espacial.

La declaración de áreas protegidas es una medida propuesta por MAVDT y PNUD (2005) y por Heshmati y Squires (2013), los cuales señalan su relevancia como espacios estrictamente delimitados, regulados y administrados por instituciones gubernamentales, que permiten mantener la estructura y la funcionalidad de una zona vulnerable a presiones antrópicas.

A nivel nacional, estas áreas se incluyen en los instrumentos de planeación territorial con sus respectivas restricciones y usos permitidos, los cuales son concertados con los actores sociales. De acuerdo con los objetivos de conservación perseguidos, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) dispone de diferentes categorías que, para el caso de la desertificación, pueden asociarse con los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales protectoras y las reservas naturales de la sociedad civil.

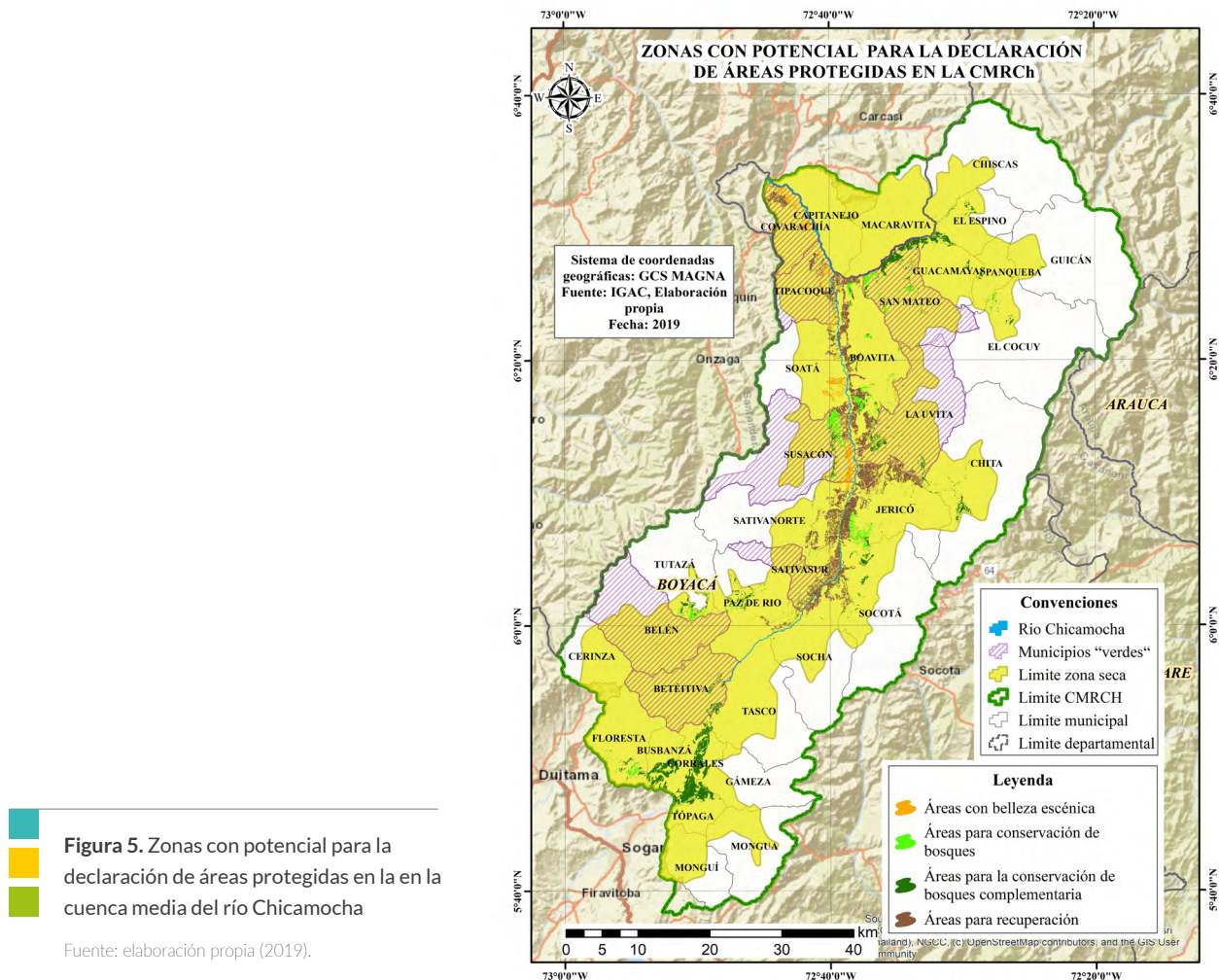
4.4.1. Componente biofísico

La extensión total con potencial para la declaración de áreas protegidas es de 16.360,38 hectáreas que equivalen a un 7,17% dentro de la zona seca de la cuenca. Cabe mencionar que la distribución de esta estrategia está determinada principalmente por áreas que cubren las Prioridades de Conservación Nacional.

Teniendo en cuenta las características biofísicas de la cuenca, se proponen cuatro categorías de protección, como se puede observar en la Figura 5: áreas para recuperación, áreas para conservación de bosques, áreas con belleza escénica y áreas de conservación complementarias.

Las áreas para recuperación asociadas con los distritos de conservación de suelos presentan el mayor potencial, con un 46,76% del total de la extensión de la estrategia; entre tanto, las áreas para conservación de bosques relacionadas con las reservas forestales protectoras representan el 10,83% mientras que las áreas con belleza escénica definidas por el POMCA representan el 6,3% y las áreas de conservación complementarias, las cuales corresponden a los ecosistemas naturales localizados fuera del límite de las Prioridades de Conservación Nacional, representan un 36,03%.

Pese a que las áreas propuestas se dirigen a conformar ciertas categorías del SINAP, existen otros sistemas más incluyentes que se pueden utilizar para la implementación de la estrategia, tales como la estructura ecológica de soporte departamental o municipal. Esto se debe tener en cuenta, ya que el proceso de declaración de áreas del SINAP presenta un alto grado de complejidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2014).



4.4.2. Componente político-institucional

La declaración de áreas protegidas no se contempla en ninguna de las líneas estratégicas del POMCA. Los proyectos señalados en la Tabla 5 corresponden a iniciativas relacionadas indirectamente con la estrategia tales como el ecoturismo, que se puede asociar con las áreas de belleza escénica, y la revegetalización, que constituye una práctica de conservación de coberturas naturales o en sucesión natural. No obstante, el Plan de Acción

de Corpoboyacá propone el fortalecimiento de la red física del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) y la restauración de áreas degradadas.

En general, estas figuras son poco atractivas para los municipios verdes, ya que, de no ser aprovechadas por el ecoturismo u otros mecanismos, no generan mayores rubros y se presenta un conflicto entre la necesidad de producir y el deber de conservar un territorio de alta potencialidad ambiental (Serrato, 2007).

TABLA 5. FIGURAS REGLAMENTARIAS EN INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN

Estrategia 4. Figuras reglamentarias			
Plan de Acción Corpoboyacá 2016-2019			
Línea estratégica	Proyecto/actividad		
Gestión ambiental y ordenamiento del territorio	Administración y manejo de áreas protegidas (fortalecimiento de red física del SIRAP)		
Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Media del río Chicamocha			
Línea estratégica	Proyecto/actividad	Presupuesto (COP)	% con respecto al presupuesto total
Promoción de procesos productivos competitivos sostenibles	Ecoturismo	215.212.450	0,35
Conocimiento, conservación y uso sostenible de la biodiversidad	Revegetalización de rondas hídricas y nacederos	7.566.067.532	12,28

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Corpoboyacá (2016).

4.4.3. Valoración de las figuras reglamentarias

Los resultados obtenidos de la consulta a expertos señalan que esta estrategia es la menos adecuada, pese a las posibilidades de zonificación en la cuenca. El 85% de los expertos señalan que su implementación puede darse entre el mediano y largo plazo, y más del 50% añade que su aplicabilidad por parte de la población es de media a baja, con un requerimiento de tecnologías considerable. En general, su eficacia es media y puede contribuir principalmente a la mitigación de la desertificación.

Finalmente, cabe mencionar que los criterios biofísicos, socioeconómicos y político-institucionales de las cuatro estrategias se estudiaron a diferentes escalas debido a la disponibilidad de la información y al alcance de la investigación, por lo tanto,

se presentan datos de diferentes temporalidades en el ámbito nacional, regional y local que bien pueden unificarse en próximos estudios.

5. Conclusiones

La estrategia dirigida a los sistemas y las prácticas de producción sostenible abarca acciones realizables en el corto plazo que son altamente aplicables por la población. El área potencial para su implementación presenta la mayor extensión frente a las demás estrategias debido a las dinámicas socioeconómicas relacionadas con el uso productivo del suelo. Por otra parte, cuenta con ventajas comparativas en lo relacionado con la inclusión en instrumentos de planeación regional y las iniciativas de las alcaldías en los municipios verdes. Sus limitantes más significativas y, por ende, las acciones instrumentales que deben tratarse para su

implementación son la reducida asistencia técnica y la inseguridad en la tenencia de tierras.

- La implementación de los esquemas de PSA puede llevarse a cabo en el corto plazo de acuerdo con los lineamientos técnicos y normativos, y su efecto, en términos de la sensibilización de la población, puede ser de largo plazo. Pese a que se incluye en los instrumentos de planeación regional, no se percibe como una medida de gestión ambiental inmediata por parte de las alcaldías de los municipios verdes.
- Los sistemas de monitoreo y alerta temprana son de gran importancia para el seguimiento y la prevención del proceso de desertificación, sin embargo, requieren de la acción conjunta de instituciones técnicas y ambientales del orden nacional y regional y administrativas de diferentes escalas territoriales, además de un consenso general sobre los indicadores de desertificación, los cuales son indispensables para su conformación.
- La estrategia de figuras reglamentarias enfocadas en la declaración de áreas protegidas es una de las más complejas en cuanto a su implementación debido a los estrictos requerimientos señalados en la Ruta Declaratoria de Nuevas Áreas Protegidas. No obstante, las figuras propuestas en la investigación pueden recurrir a otras formas de protección no necesariamente contempladas en el SINAP o constituirse en zonas piloto en las que se lleven a cabo las demás estrategias de forma conjunta.
- Se debe acudir a nuevos paradigmas como el de la degradación neutra de las tierras para focalizar esfuerzos y recursos, captando el interés de las autoridades ambientales y de la población de la cuenca. Asimismo, es necesario tener una visión a largo plazo en el estudio de la desertificación, toda vez que, en la mayoría de los municipios verdes, el proceso aún no es significativamente visible.



Referencias

- Blanco, J., Wunder, S. & Navarrete, F. (S. f.). *La experiencia colombiana en esquemas de pagos por servicios ambientales*. Ecoversa.
- Bruce, J. (2000). Conceptos sobre tenencia de la tierra. *Tenure Brief*, 1-S, 1-8.
- Castro Méndez, C. E., & Agualimpia Dualiby, Y. (2018). Definición de las zonas morfoclimáticas de Colombia: un aporte a la correlación entre el clima ambiental y el régimen climático del suelo. En *Agua y ambiente: experiencias y reflexiones frente al desarrollo sostenible y sustentable* (pp. 13-30). Editorial UD.
- Chasek, P., Akhtar-Schuster, M., Orr, B., Luise, A., Rakoto, H., & Safriel, U. (2019). Land degradation neutrality: the science-policy interface from the UNCCD to national implementation. *Environmental Science and Policy*, 182-190. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901118305677>
- Cherlet, M. H. Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S. & von Maltitz, G. (Eds.). (2018). *Atlas mundial de la desertificación*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) (2016). Plan de Acción 2016-2019. <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2020/03/Documento-Informe-Plan-de-Acci%C3%B3n-2016-2019.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). Tercer Censo Nacional Agropecuario (2014). GIT Área de Comunicación DANE.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Ecosistemas y bienestar humano: síntesis sobre desertificación. World Resources Institute.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Land degradation assessment in drylands: methodology and results*. FAO.
- Gómez Bonilla, M. C. (2019). *Estudio de la degradación de suelos y tierras por desertificación en la jurisdicción de la CAR*. (Tesis de grado). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/7798>
- González, Á. & Riascos, E. (2007). Panorama latinoamericano del pago por servicios ambientales. *Gestión y Ambiente*, 10, 29-44.
- Grainger, A. (2015). Is Land Degradation Neutrality feasible in dry areas? *Journal of Arid Environments*, 112(A), 14-24.
- Gudiño, M., Muñoz, L., Padilla, C., García, M., & Cuello, L. (2015). Observatorios de Desarrollo Territorial Sustentable Mendoza, Argentina. *Perspectiva Geográfica*, 19(1), 164-180. doi: <https://doi.org/10.19053/01233769.3329>
- Guevara, L., Maya, L., Garay, C., Ciontescu, N., Martin, C., Gutiérrez, T., ... Cortes, A. M. (2009). Formulación del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Media del río Chicamocha. Corporación Autónoma Regional de Boyacá. <https://>

- www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/informe-prospectiva-chicamocha.pdf
- Heshmati, A. & Squires, V. (2013). *Combating desertification in Asia, Africa and the Middle East*. Springer.
- Huaico Malhue, A. (2018). Análisis de la evolución de las áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la cuenca del Puangue en Chile. *Idesia (Arica)*, 36(4), 61-70. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002801>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2005). *Atlas interactivo de la degradación de tierras por desertificación en Colombia*. <https://catalogo.car.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15461>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) & Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A). (2015). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión*. IDEAM, MADS, U.D.C.A.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2010). *Protocolo de degradación de suelos y tierras por desertificación*. IGAC, IDEAM, MAVDT.
- Lahloui, H., Rhinane, H., Hilali, A., Lahssini, S. & Moukrim, S. (2017). Desertification Assessment Using MEDALUS Model in watershed Oued El Maleh, Morocco. *Geosciences*, 7(60), 1-16. <https://doi.org/10.3390/geosciences7030050>
- Martínez Valderrama, J., Ibáñez, J., Del Barrio, G., Sanjuán, M., Alcalá, F., Martínez, S. & Puigdefábregas, J. (2016). Present and future of desertification in Spain: Implementation of a surveillance system to prevent land degradation. *The Science of the Total Environment*, 563-564, 169-178. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716307483>
- Matallo Junior, H. (2005). Algunas cuestiones relativas a la economía de la desertificación. En C. Morales y S. Parada (eds.), *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales* (pp. 113-138). Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2014). *Ruta declaratoria de nuevas áreas y ampliación de áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. MADS.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) & Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2005). *Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Colombia*. MAVDT.
- Morales, C. & Parada, S. (2005). *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Naciones Unidas (1994). Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD). <https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/Spanish.pdf>

- Natalija, M., Ratko, K., Veljko, P., Miloš, M. & Aleksandar, B. (2019). Spatial assessment of the areas sensitive to degradation in the rural area of the municipality Čukarica. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(1), 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.12.004>
- Neira, F. (2017). *Neutralidad en la degradación de las tierras en Colombia*. WOCAT (CIAT).
- Posada Arrubla, A., Salamanca García, J. & Gantiva, D. (2020). Metodología para relacionar la planeación territorial con el proceso de desertificación. Una aplicación en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1), e1486. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1486>
- Sadeghravesh, M., Khosravi, H. & Ghasemian, S. (2016). Assesment of combating-desertification strategies using the linear assignment method. *Solid Earth*, 7, 673-683. <https://doi.org/10.5194/se-7-673-2016>
- Salamanca García, J. A. (2016). *Identificación de desertificación potencial en la zona hidrográfica Sogamoso - Colombia*. (Tesis de maestría). UNIGIS.
- Serrato Álvarez, P. K. (2007). *Los cañones colombianos: una síntesis geográfica*. IGAC.
- World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT), Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) & DESIRE. (2008). *A questionnaire for mapping land degradation and sustainable land management*.

