

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Plan de manejo microcuenca Plumajera, una visión de sostenibilidad para el sistema
socio-ecológico

Yesly Dayanna Mendoza Salazar, Tania Jimena Bárcenas Lizarazo

Trabajo de Grado para optar por el Título de Ingeniera Forestal

Director

Ricardo Andrés Oviedo Celis

MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Codirector

Sandra Milena Díaz López

MSc. Manejo, Uso y Conservación del Bosque

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2023

SOSTENIBILIDAD MICROCOCUENCA PLUMAJERA

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, a mis padres Patricia Lizarazo, Ariel Bárcenas y hermanos, quienes con sus oraciones y esfuerzos me han ayudado a llegar a este punto de mi vida, dándome ejemplo de esfuerzo, dedicación y humildad, siendo el motor que me impulsa a no rendirme. De igual manera agradezco a todos aquellos quienes directa o indirectamente me han apoyado en este proceso de formación.

Tania Jimena Bárcenas Lizarazo

A Dios por haber dispuesto las cosas, el tiempo y personas para poder culminar esta carrera, a mis padres Alicia Salazar, Alcides Mendoza y hermano Heider Mendoza por ser el pilar fundamental de mi vida, por su educación, amor y apoyo incondicional en cada momento. De igual manera a todos mis amigos y familiares que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

Yesly Dayanna Mendoza Salazar

SOSTENIBILIDAD MICROCOCUENCA PLUMAJERA

Agradecimientos

En reconocimiento a todos aquellos que fueron partícipes durante estos años de formación académica. A la universidad industrial de Santander por permitir formarnos como profesionales teniendo como alma mater tan prestigiosa universidad.

A nuestros directores MSc. Ricardo Andrés Oviedo Celis y MSc. Sandra Milena Díaz López, quienes con su conocimiento, acompañamiento, experiencia y dedicación nos han ayudado a la creación de este proyecto.

A aquellos docentes quienes estuvieron dispuestos a brindar su apoyo académico, aportando conocimientos complementarios técnicos y científicos, que contribuyeron a la estructuración de nuestro proyecto.

A nuestros familiares y amigos, por la paciencia y por ser quienes tienen las palabras correctas para impulsarnos a cumplir nuestros objetivos.

Yesly Dayanna Mendoza Salazar y Tania Jimena Bárcenas Lizarazo

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA**Tabla contenido**

Introducción	11
1 Objetivos.....	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivo específico.....	13
2 Marco Teórico	14
2.1 Microcuenca.....	14
2.2 Importancia de la vegetación en las cuencas.....	15
2.3 Sistema socio-ecológico.....	16
2.4 Desarrollo Sostenible	17
2.5 Uso del suelo	19
3 Marco Legal.....	21
4 Metodología.....	23
4.1 Ubicación	23
4.2 Interacción Socio-Ecológica	24
4.2.1 Diagnóstico Socio-Ecológico.....	24
4.3 Diagnóstico componente biótico y abiótico.....	24
4.3.1 Componente biótico	24
4.3.2 Indicadores abióticos	27
4.4 Determinación escenario de sostenibilidad y propuesta de Plan de Manejo.....	29

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

5	Resultados.....	32
5.1	Interacción Socio-Ecológica	32
5.1.1	Diagnóstico Socio-Ecológico.....	32
5.2	Diagnóstico componente biótico y abiótico	36
5.2.1	Indicadores abióticos	36
5.2.2	Componente biótico.....	38
5.3	Escenario de sostenibilidad y propuesta Plan de Manejo Microcuenca Plumajera	42
5.3.1	Propuesta Plan de Manejo Ambiental Fase Diagnóstico	48
6	Discusión	52
7	Conclusiones.....	55
8	Recomendaciones	56
9	Referencias Bibliográficas.....	57

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA**Lista de tablas**

Tabla 1 Variables de análisis estructural áreas de bosque altoandino microcuenca Plumajera....	25
Tabla 2 Valoración e interpretación calidad plantación forestal	26
Tabla 3 Valoración e interpretación indicador estado de conservación	27
Tabla 4 Variables morfométricas.....	27
Tabla 5 Clasificación calidad del suelo	29
Tabla 6 Dimensiones y criterios evaluación escenario de sostenibilidad microcuenca	30
Tabla 7 Escala de valoración sostenibilidad microcuenca Plumajera	30
Tabla 8 Índice calidad del suelo microcuenca la Plumajera, municipio de San Andrés	38
Tabla 9. Evaluación Calidad componente forestal comercial microcuenca Plumajera	41
Tabla 10 Frecuencia Entomofauna orden Lepidóptera microcuenca Plumajera	42
Tabla 11 Índice Sintético de Sostenibilidad y relación con ODS contexto microcuenca	47
Tabla 12 Contribución estudio a la fase diagnóstica Plan de Manejo Ambiental Microcuenca...	49

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Lista figuras

Figura 1 Localización área de estudio	23
Figura 2 Grado de escolaridad microcuenca Plumajera	33
Figura 3 Actividades de mantenimiento fincas microcuenca Plumajera	33
Figura 4 Actividad económica microcuenca Plumajera	34
Figura 5 Gestion de residuos orgánicos microcuenca Plumajera	35
Figura 6 Extensión de bosque en fincas microcuenca Plumajera	35
Figura 7 Caracterización Morfométrica Microcuenca Plumajera.....	37
Figura 8 Mapa coberturas Leyenda Corine Land Cover.....	39
Figura 9 Colias dimera (1), Altopedaliodes nebris (2)	42
Figura 10 Evaluación sostenibilidad dimensiones cambio climático y energías renovables microcuenca Plumajera.....	43
Figura 11 Evaluación sostenibilidad dimensión energías renovables microcuenca Plumajera	44
Figura 12 Evaluación sostenibilidad dimensiones Recuperabilidad social y Transformación productiva microcuenca Plumajera.....	45
Figura 13 Evaluación sostenibilidad dimensión Transformación productiva microcuenca	46
Figura 14 Evaluación sostenibilidad dimensión Protección del medio ambiente.....	46

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Glosario

Calidad del suelo: Capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana (Bautista et al., 2004).

Gestión ambiental: Administración de los recursos naturales contenidos en unidades espaciales territoriales, asumiéndolos como un capital natural aprovechable perteneciente a una organización determinada, bajo un enfoque predominante de sostenibilidad (Martínez y Figueroa, 2014).

Microcuenca: Unidades pequeñas y a su vez áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas. En la práctica, las microcuencas se inician en la naciente de los pequeños cursos de agua, uniéndose a las otras corrientes hasta constituirse en la cuenca hidrográfica de un río de gran tamaño (Briceño, 2012).

Morfometría: Sirve para caracterizar un ambiente geomorfológico y que, además, sus datos sean susceptibles a un tratamiento estadístico o matemático que permita disminuir la influencia de la subjetividad en las conclusiones que se deriven de esos parámetros (Doffo y Bonorino, 2005).

Sistema socio ecológico: Son sistemas en los que se dan interacciones entre sistemas sociales y ecológicos (Gallopín, 2006).

Sostenibilidad ambiental: Explotación de los recursos naturales dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural, a partir de planear la explotación de los recursos y de precisar los efectos que la explotación tendrá, sobre el conjunto del ecosistema (Ávila, 2018).

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Resumen

Título: Plan de manejo microcuenca Plumajera, una visión de sostenibilidad para el sistema socio-ecológico

Autor: Yesly Dayanna Mendoza Salazar, Tania Jimena Bárcenas Lizarazo

Palabras clave: Sistema socio ecológico, microcuenca, sostenibilidad, gestión ambiental, desarrollo sostenible, uso de suelo.

Descripción:

Comprender el panorama de sostenibilidad de una región, permite establecer escenarios futuros de gestión sostenible de los recursos naturales. El trabajo de grado evalúa el panorama de sostenibilidad del sistema socio-ecológico de la microcuenca Plumajera, municipio de San Andrés Santander. Para esto, se realizó una caracterización de la comunidad en aspectos sociales, ambientales, económicos y culturales. Seguido, fue estudiado el suelo, bosques y agua mediante diferentes técnicas de muestreo, que permitieron generar índices de calidad y conservación en los sectores alto, medio y bajo de la microcuenca, para finalmente, evaluar la sostenibilidad del sistema sobre dimensiones relevantes para el contexto actual del país. Los resultados evidencian las dificultades de los habitantes para tener óptimas condiciones de calidad de vida, y respecto a los modelos de producción que emplean es notorio que estos no son totalmente rentables. También, se aportan datos sobre las condiciones críticas para el suelo y las coberturas naturales, elementos que deben ser considerados como prioridad de gestión. El índice de sostenibilidad confirma la situación crítica de la microcuenca en aspectos como cambio climático y recuperación social, aspectos sobre los cuales es necesario actuar desde las políticas públicas. El estudio, se convierte en un referente para que las autoridades ambientales comprendan la importancia del enfoque socio-ecológico en los planes de ordenación y manejo de cuencas, de tal forma que sean herramientas no solo técnicas y por el contrario impacten más las realidades ambientales en microcuencas como la Plumajera.

*Trabajo de grado

** Instituto de proyección regional a distancia IPRED. Programa Ingeniería Forestal. Director Ricardo Andrés Oviedo Celis MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Codirector: Sandra Milena Diaz López MSc. Manejo, Uso y Conservación de Bosque.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Abstrac

Title: Plumajera micro-watershed management plan, a vision of sustainability for the socio-ecological system

Author: Yesly Dayanna Mendoza Salazar, Tania Jimena Bárcenas Lizarazo

Key words: Socio-ecological system, micro-watershed, sustainability, environmental management, sustainable development, land use.

Description:

Understanding the sustainability outlook of a region allows establishing future scenarios for the sustainable management of natural resources. The degree work evaluates the sustainability panorama of the socio-ecological system of the Plumajera micro-basin, municipality of San Andrés Santander. For this, a characterization of the community was carried out in social, environmental, economic and cultural aspects. Next, the soil, forests and water were studied through different sampling techniques, which allowed the generation of quality and conservation indices in the high, medium and low sectors of the micro-basin, to finally evaluate the sustainability of the system on relevant dimensions for the context. country current. The results show the difficulties of the inhabitants to have optimal conditions of quality of life, and regarding the production models that they use, it is notorious that these are not totally profitable. Also, data is provided on the critical conditions for the soil and natural coverage, elements that must be considered as a management priority. The sustainability index confirms the critical situation of the micro-basin in aspects such as climate change and social recovery, aspects on which it is necessary to act from public policies. The study becomes a reference for environmental authorities to understand the importance of the socio-ecological approach in basin management plans, in such a way that they are not only technical tools and, on the contrary, have a greater impact on environmental realities in micro-basins such as the Plumajera.

*Degree work

** Institute for regional projection at a distance IPRED. Forest Engineering Program. Director Ricardo Andrés Oviedo Celis MSc. Sustainable Development and Environment. Codirector Sandra Milena Diaz López MSc Management and Forest Conservation.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Introducción

Colombia, es reconocido por su valioso patrimonio ambiental representado por ecosistemas que albergan importantes recursos florísticos, faunísticos e hidrológicos. Sin embargo, estos recursos estratégicos para el sustento de la vida son objeto de afectaciones que comprometen su disponibilidad para las actuales y futuras generaciones (Rodríguez, 2018). El patrimonio hídrico del país, lo conforma una larga lista de ríos, quebradas y otros cuerpos de agua, donde se destacan nombres como Amazonas, Magdalena, Cauca, Sogamoso y Apaporis, que en conjunto representan la riqueza hídrica que permite a muchas comunidades desarrollar sus formas de vida (IDEAM, 2022). Los procesos para el manejo de estas corrientes de agua se han traducido en lineamientos técnicos desde diferentes entes gubernamentales, ante la preocupación por los niveles de presión antrópica que soportan, más aún con la tendencia nacional de incremento poblacional (Minambiente, 2021). En la actualidad, y como resultado de este largo proceso político administrativo Colombia cuenta con la Guía Técnica de Formulación para Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, documento que traza y define la ruta de trabajo para lograr que las unidades hidrológicas del país dispongan de información para su gestión integral.

Los POMCAs, han sido también escenario de discusión por la forma en que son construidos. En tal sentido, uno de los aspectos objeto de críticas corresponde a la carencia de claridad y seguridad de la información que contienen, con una deuda aún pendiente por formular para gran parte del territorio. De los aspectos poco integrados a estos estudios, es el componente socio-ecológico que Gallopin, (2006), lo define como sistemas en los que se dan interacciones entre sistemas sociales y ecológicos. Se trata, de una visión de las cuencas hidrográficas más allá de los aspectos biofísicos y morfológicos, también importantes pero que opacan a los actores que habitan, usan y transforman toda la riqueza natural en su interior. La visión socio-ecológica, es una oportunidad para proyectar

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

estas unidades de gestión no solo hídrica sino territorial, de tal forma que sea superada la barrera del cumplimiento legal plasmado en memorias técnicas.

En este sentido, la propuesta como trabajo de grado aborda este aspecto de la ordenación de cuencas en la microcuenca Plumajera de municipio de San Andrés Santander, donde a la fecha no se registran estudios de este enfoque. Su desarrollo, se presenta en el marco de formación como ingenieras forestales, donde a partir de una caracterización social, ambiental, cultural y económica se construye un diagnóstico de la realidad en la Plumajera. Posterior a esto, se aborda el estudio de algunos componentes biofísicos como el suelo, bosques y agua para conocer estados de conservación y calidad de estos recursos naturales. Por último, se integra la información previa generada a un análisis de sostenibilidad sobre dimensiones y criterios propuestos por las autoras, definidos sobre las prioridades del contexto actual del país, insumo con el cual, se realizan sugerencias para la fase diagnóstica contemplada en el POMCA bajo la responsabilidad de la autoridad ambiental competente.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Analizar el contexto de sostenibilidad de la unidad hidrográfica la Plumajera, y del sistema socio-ecológico que lo integra, con el fin de establecer un marco de referencia que permita su gestión y conservación del patrimonio ambiental y forestal.

1.2 Objetivo específico

Identificar la interacción entre las comunidades y los ecosistemas existentes en la microcuenca la Plumajera.

Establecer la condición actual a partir de indicadores bióticos y abióticos básicos de las coberturas en la microcuenca la Plumajera.

Determinar el escenario actual de sostenibilidad del sistema socio ecológico al interior de la unidad hidrográfica.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

2 Marco Teórico

2.1 Microcuenca

La microcuenca se considera como la unidad de gestión hídrica y territorial, que favorece la conservación de los recursos naturales. En tal sentido Soberón y Glave (2003), la definen como un área básica para el estudio de planes, programas y proyectos enfocados en la restauración de los recursos naturales, para lograr un proceso efectivo de planeación que contribuya a la sostenibilidad en las regiones. Por esta razón, su estudio debe ser abordado desde lo ambiental, social y económico, para tener una visión territorial integral. La microcuenca se conforma de elementos bióticos y abióticos que interactúan de forma constante; y definen características específicas de un paisaje. De igual forma, en la microcuenca ocurren interacciones permanentes entre los aspectos económicos (bienes y servicios producidos en su área), sociales (patrones de comportamiento de los usuarios directos e indirectos de los recursos de la microcuenca) y ambientales, que están relacionados con el comportamiento o reacción de los recursos naturales (Alatorre, 2010).

Según Santibáñez et al., (2015) la planeación de estas unidades hidrológicas es un proceso orientado a identificar prioridades, y definir estrategias para preservar el patrimonio natural que albergan. En tal sentido, Thackway et al., (2007) determina que es necesario un enfoque integral de estos estudios, donde se incluyan etapas de información, análisis y monitoreo del estado de conservación de todo el componente biofísico.

En Colombia el panorama de la gestión de microcuencas no es totalmente integral (García, 2017)., situación causada por el uso irracional del patrimonio ambiental que las caracteriza, y que el desarrollo de actividades antrópicas lo afectan en una muestra evidente de ausencia en la aplicación del marco legal. Al respecto, Hernández et al., (2018) explican que esto se da por el

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

desconocimiento que existe sobre las microcuencas en el territorio nacional. Estos mismos autores, agregan como causa principal el menosprecio que se tiene del manejo y la importancia de estas áreas hidrográficas, y consideran que los pocos casos de manejo existentes solo responden a requisitos o compromisos legales.

Teniendo en cuenta lo anterior, se infiere que la normativa de planificación de una cuenca en el territorio colombiano sí existe, pero su aplicación aun es un reto de la gestión y planificación hídrica. En tal sentido, parece desconocerse la importancia de este tipo de áreas especiales en el desarrollo integral de una región y no se toma en cuenta que son, en igual dimensión importantes recursos vulnerables al daño y al deterioro por las actividades antrópicas. Hoy día se ha ignorado la necesidad de ordenación de las cuencas, y esta se asume como un documento requisito y no como una oportunidad de gestionar el buen uso del territorio y de los recursos disponibles en la región.

2.2 Importancia de la vegetación en las cuencas

La cobertura vegetal se considera un componente estratégico de las cuencas hidrográficas. Para Santibáñez et al., (2015) las coberturas vegetales, son objeto de conservación para obtener una planeación estructurada, sobre la cual se logre identificar las prioridades y preservar los principales componentes de la cuenca como la biodiversidad. Sin embargo, este autor igualmente menciona la baja capacidad para su monitoreo en el territorio nacional. En tal sentido Thackway et al., (2007) mencionan que determinar la importancia de la vegetación en las cuencas, requiere una base conceptual sobre estructura biológica, caracterización de ecosistemas estratégicos y el ordenamiento del territorio.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Para esto, es necesario lograr la identificación y caracterización de las cuencas y sus coberturas, elementos que permitan diseñar una propuesta adecuada para alcanzar la efectiva conservación y el manejo deseado del agua y los demás elementos biofísicos. La importancia que tiene la vegetación en la cuenca, no solo se da desde lo biológico, también, cumple un rol fundamental en el control del régimen fluvial, mitigación del cambio climático y la estabilidad socio-ecológica. Cualidades que han sido objeto de modificación por el desarrollo de la actividad agrícola y forestal no racional, consideradas también como un medio de sustento económico para las familias que se ven beneficiadas de estas actividades (Webb et al., 2008). De esta forma, la dimensión de la cobertura vegetal debe superar cifras de especies y extensiones. Bajo el contexto de cuenca y una dimensión socio-ecológica, este elemento biótico se convierte en eje transversal de la gestión integral y requiere de constante seguimiento y control.

2.3 Sistema socio-ecológico

El análisis de cualquier contexto territorial sin definir una escala espacial específica implica reconocer la multifuncionalidad de todos los elementos que lo integran. De esta forma, los actores sociales principales beneficiarios de su uso, valoran y comprenden la importancia que su presencia representa para generar óptimas condiciones de vida (Rincón, 2016). Este nuevo enfoque de la relación sociedad y ambiente, dio lugar al concepto de sistema socio-ecológico (SSC), un aporte más de los inicios en torno a la reflexión de desarrollo sostenible en los años 80 por la comisión Brundtland.

Su alcance conceptual ha sido ampliamente tratado por autores desde diferentes enfoques. En tal sentido, no existe una definición general para un concepto que integran elementos dinámicos como los recursos naturales y las comunidades humanas.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Autores como Urquiza y Cadenas (2015), describen el sistema socio-ecológico como la interacción entre el sistema social y su entorno, es decir, un conjunto de interacciones recurrentes que caracterizan una práctica específica y delimitada. De este modo, es posible observar un sistema socio-ecológico a partir de la relación que se establece entre un territorio específico y el recurso hídrico (Berkes y Folke, 1998; Ostrom, 2009 citado en Domínguez, 2022). Bajo este contexto, un sistema socio-ecológico, es la compleja estructura que relaciona la interacción humana con los procesos generados en los ecosistemas, cómo las actividades ecológicas, políticas, sociales, entre otras, que están estrictamente relacionadas con el medio ecosistémico presente (Castillo y Velásquez, 2015).

2.4 Desarrollo Sostenible

Las transformaciones globales son resultado de la relación directa entre las personas y el medio ambiente donde habitan. Con el tiempo, esta relación se agudizó hasta alcanzar en la actualidad niveles que comprometen la presencia de la vida en el planeta. Se reconocen como causas de esta situación, la dependencia total de fuentes energéticas como hidrocarburos para generar los bienes y servicios de consumo (Rodríguez, 2018). El uso de estos recursos energéticos implica una serie de procesos para su ubicación, extracción y transformación, que generan contaminación en la atmósfera, suelos y fuentes hídricas. Ante este panorama la comunidad internacional ha fortalecido los lineamientos definidos desde 1987 por la comisión Brundtland, donde el concepto de desarrollo sostenible (DS), alertó sobre las consecuencias que implicaría mantener los modelos económicos tradicionales (Gallopín, 2003).

El desarrollo sostenible busca satisfacer necesidades del presente, sin comprometer los recursos del futuro, por esto, debe ser abordado desde la funcionalidad los bienes y servicios

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

ecosistémicos que se generan en un contexto espacial específico (Parada y Sánchez, 2014). De esta manera, el DS y la sostenibilidad buscan dar tratamiento a los recursos naturales, de manera sustentable en el tiempo de acuerdo con las dinámicas socioeconómicas y culturales de cada territorio (Payares, 2018). En tal sentido, no puede ser asumido como un concepto general. Sus bases y alcances son tan dinámicas como los mismos procesos en un área delimitada, contexto aplicado en cuencas hidrográficas.

En Colombia, el proceso de apropiación del DS presenta avances desde lo conceptual, sin embargo, el país aún requiere fortalecer las acciones para alcanzar un escenario pleno donde el concepto se articule y sea transversal a todas las políticas y dinámicas en los territorios (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2002). En términos de avances a nivel nacional se reconoce la expedición de instrumentos de política pública cuya base es el DS tales como: política para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, la política para la gestión sostenible del suelo, climático, política de crecimiento verde, política nacional de cambio climático y la expedición de la guía para la formulación de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, documento base para construcción y desarrollo del trabajo de grado.

La visión del desarrollo sostenible en escala de cuenca hidrográfica implica abordar los pilares ambiental, social y económico en el contexto de uso, aprovechamiento y manejo racional de los elementos bióticos y abióticos al interior de esta unidad de gestión hídrica (Balanta, 2015). En tal sentido, no solo pueden ser vistas como áreas donde convergen aguas y estas son objeto de consumo con fines diferentes, al respecto Rodríguez (2006) destaca que esta perspectiva solo es posible revertirla cuando se planifican procesos de participación integral, que no discriminen y que aporten al crecimiento territorial. De esta forma, el desarrollo sostenible debe convertirse en

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

un fin del país, y son las cuencas hidrográficas la escala espacial ideal para hacerlo realidad, razón por la cual su estudio desde indicadores de sostenibilidad es relevante para comprender como funcionan y de qué forma se deben manejar para garantizar que las generaciones presentes y futuras hagan uso y gocen de los beneficios que estas aportan (Tejera y García, 2006).

2.5 Uso del suelo

El uso del suelo es quizá la expresión más compleja de definir en el léxico ambiental. Si bien, desde la realidad rural y urbana se evidencia la forma en que se lleva a cabo, aun es distante la comprensión entorno a la gestión medio ambiental y las consecuencias que esto implica para un país (Rico y Rico, 2014). Las actividades cotidianas en el sector rural y urbano, tiene como elemento de ejecución el suelo, un recurso natural no valorado en su totalidad y del cual depende gran parte de la vida en el planeta (Burbano, 2016). Usar el suelo, responde a la necesidad de producir alimentos y otras materias primas importantes para la humanidad, sin embargo, la forma e intensidad en que este proceso ha sido realizado, con el tiempo causó su degradación a niveles de no recuperación (García et al., 2012).

El uso del suelo está ligado a la vocación de origen de este, producto de su desarrollo físico, químico y biológico. Para Cotler et al., (2007) la vocación representa la condición natural en la cual un suelo soporta una cobertura específica, que se mantiene en el tiempo bajo su régimen de sucesión. Una modificación de este patrón natural genera múltiples afectaciones en el medio ambiente y la sociedad. Situación frecuente en cuencas hidrográficas, donde por razones fuera del alcance del presente trabajo de grado, las comunidades se ven obligadas a usar el suelo en vocaciones no indicadas.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

En Colombia, este panorama es común en regiones como la Andina donde se concentra el 70% de su población. Como parte de la solución, el país estableció la clasificación agroecológica conformada por ocho categorías de uso del suelo, basada en aspectos como pendiente, propiedades físicas y químicas (IGAC, 2008). Por último, se hace importante abordar el uso del suelo desde la sostenibilidad de los territorios, no solo castigar al agricultor o ganadero ya que se requiere de iniciativas de valoración del suelo construidas no solo desde la investigación, por el contrario, una participación de los actores directos permitirá cambiar estos paradigmas no sostenibles de uso del suelo.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

3 Marco Legal

Este trabajo se realizó teniendo cuenta el decreto 1076 de 2015 donde se estipula el manejo ambiental adecuado para microcuencas.

Decreto 1076 de 2015, Sección 10 manejo Ambiental de Microcuencas

Artículo 2.2.3.1.10.1. Del objeto y la responsabilidad. Planificación y administración de los recursos naturales renovables de la microcuenca, mediante la ejecución de proyectos y actividades de preservación, restauración y uso sostenible de la microcuenca. La Autoridad Ambiental competente formulará el plan.

Artículo 2.2.3.1.10.4. De la selección y priorización. La Autoridad Ambiental competente, elaborará el Plan de Manejo Ambiental de la microcuenca, previa selección y priorización de esta, cuando se presenten o se prevean como mínimo una de las siguientes condiciones, en relación con oferta, demanda y calidad hídrica, riesgo y gobernabilidad:

1. Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural derivados del aprovechamiento de sus recursos naturales renovables.
2. Degradación de las aguas o de los suelos y en general de los recursos naturales renovables, en su calidad y cantidad, que pueda hacerlos inadecuados para satisfacer los requerimientos del desarrollo sostenible de la comunidad asentada en la micro.
3. Amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar los servicios ecosistémicos de la micro, y la calidad de vida de sus habitantes.
4. Cuando la microcuenca sea fuente abastecedora de acueductos y se prevea afectación de la fuente por fenómenos antrópicos o naturales.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Artículo 2.2.3.1.10.5. De las fases

1. **Aprestamiento.** Se conformará el equipo técnico necesario para realizar y acompañar la formulación e implementación del plan, se definirá el plan de trabajo, la estrategia de socialización y participación y la logística, entre otros aspectos.
2. **Diagnóstico.** Se identificará y caracterizará la problemática generada por desequilibrios del medio natural, la degradación en cantidad o calidad de los recursos naturales renovables, los riesgos naturales y antrópicos estableciendo las causas, los impactos ambientales, entre otros aspectos.
3. **Formulación.** Se definirán los proyectos y actividades a ejecutar por la autoridad ambiental competente, con el fin de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico, estableciendo el cronograma de ejecución, costos y responsables.
4. **Ejecución.** Se ejecutarán los proyectos y actividades, conforme a lo dispuesto la fase de formulación.
5. **Seguimiento y evaluación.** Se realizará el seguimiento y la evaluación del Programa, conforme a las metas e indicadores planteados en el respectivo programa, con el objeto de definir los ajustes a que haya lugar.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

4 Metodología

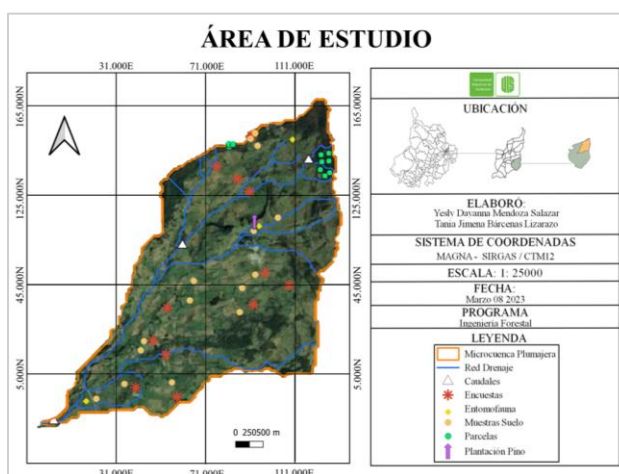
A continuación, se describe el proceso metodológico utilizado para la construcción de los productos finales del estudio. Su estructura, mantiene coherencia con los objetivos específicos definidos por los autores para la problemática planteada.

4.1 Ubicación

El proyecto se ubicó en la microcuenca Plumajera, jurisdicción del corregimiento de Pangote municipio de San Andrés, Santander. La unidad hidrográfica, presenta un rango altitudinal entre los 2 500 a 3 556 m s.n.m, temperatura promedio de 12 a 16 °C y una precipitación media anual de 2 600 mm. La microcuenca hace parte del área hidrográfica Magdalena - Cauca, de la cuenca Chicamocha y tributa igualmente a la cuenca del Rio Guaca. El trabajo de campo se llevó a cabo en un área de 699 ha divididas en sector alto, medio y bajo, donde se ubicaron diferentes puntos y áreas de muestreo para la toma de información primaria en aspectos biofísicos, morfométricos y sociales (Figura 1).

Figura 1

Localización área de estudio



Nota. Procesado en Software Qgis 3.22 a partir de shape file Municipios y veredas Colombia

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

4.2 Interacción Socio-Ecológica

4.2.1 Diagnóstico Socio-Ecológico

Etapa inicial del trabajo que permitió conocer las condiciones e interacciones actuales, generadas de la relación entre comunidades y su entorno natural. Para esto, se diseñó un instrumento de campo tipo encuesta, estructurado en aspectos ambientales, sociales, económicos y técnicos, tomados de la propuesta de Oviedo y Castro (2021), empleados y adaptados en estudios previos para la provincia de García Rovira por Gómez y Valderrama (2022 y Becerra (2022). El instrumento se aplicó a 12 familias asumidas como muestra de referencia, por la condición actual de habitabilidad del área de estudio. La información obtenida fue procesada mediante técnicas estadísticas descriptivas.

4.3 Diagnóstico componente biótico y abiótico

4.3.1 Componente biótico

Para el alcance del estudio, fueron seleccionadas como componente biótico las áreas que presentaron cobertura de bosque natural y plantación forestal, encontradas en la microcuenca, caracterizadas y analizadas como se describe a continuación.

Indicador cobertura vegetal. Se determinó a partir del establecimiento de 10 parcelas en áreas de bosque altoandino seleccionadas al azar bajo criterio de los autores, sin embargo, se consideró que estas fueran representativas de la zona de estudio. Los aspectos metodológicos para el montaje y registro de datos se realizaron según la propuesta de (Boyle, 1996). Cada unidad de muestreo tuvo un área de 1000 m², conformada por una parcela principal de 50 x 20 m y dos secundarias en uno de sus vértices, para latizales (5 x

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

5 m) y brinzales (2 x 2 m). La toma de datos se llevó a cabo así: Para brinzales, solo DAP < 2,5 cm y altura $\geq 0,3$ m, localizados en el estrato inferior y únicamente se tuvieron en cuenta los individuos hallados en la subparcela de 2 x 2 m. Los latizales fueron medidos en un área de 5 x 5 m, con valores de DAP <10 cm $\geq 2,5$ cm. Para los fustales se tuvieron en cuenta individuos con DAP 30 cm > DAP ≥ 10 cm, medidos en el área total de la parcela, al igual que la categoría de grandes fustales o fustales mayores que los individuos con DAP ≥ 30 cm (IDEAM, 2018). La información aportada por cada unidad de muestreo se empleó para realizar el análisis estructural, se calcularon parámetros de abundancia, frecuencia, dominancia e IVI. También, se estimaron índices de diversidad alfa (Tabla 1), se realizó la clasificación de coberturas con base en la leyenda Corine Land Cover, para determinar el porcentaje de coberturas presentes en la microcuenca Plumajera.

Tabla 1

Variables de análisis estructural áreas de bosque altoandino microcuenca Plumajera

Variable	Formula	Interpretación
Área Basal	$AB = 3,1416 * (DAP)^2$	DAP tomado a 1,30 metros del suelo
Abundancia relativa	$Ar_i(\%) = Aa_{spi} / (\sum Aa_{sp1} \dots Aa_{spn})$	An (%): Abundancia Relativa de la especie ienésima. Aa _{spi} : Abundancia absoluta de la especie ienésima. Aa _{sp1} : Abundancia absoluta de la especie 1. Aa _{spn} : Abundancia absoluta de la especie enésima.
Abundancia Absoluta	$Aa = \sum (N_1 \dots N_n)$	N ₁ : Individuo número 1 de la. N _n : Individuo enésimo.
Frecuencia Relativa	$Fr_i = Fa_{spi} / (\sum Fa_{sp1} \dots Fa_{spn}) * 100$	Fr _i : Cantidad de unidades de muestreo en las que aparece una especie
Dominancia Relativa	$Dr_i(\%) = Da_{spi} / (\sum Da_{sp1} \dots Da_{spn})$	Dri : Dominancia relativa de la especie ienésima. Da _{spi} : Dominancia absoluta de la especie ienésima. Da _{sp1} : Dominancia absoluta de la especie 1. Da _{spn} : Dominancia absoluta de la especie n.
Dominancia Absoluta	$Da = \sum (AB_1 \dots AB_n); \dots$	AB ₁ : Área basal del árbol 1 en la UM 1. AB _n : Área basal del árbol n.

SOSTENIBILIDAD MICROCOCUENCA PLUMAJERA

Índice de valor de importancia simplificado	$IVI = \sum Ar(n_1 \dots n_i)Fustales + \sum Fr(n_1 \dots n_i)fustales + \sum Dr(n_1 \dots n_i)fustales$	Ar: Abundancia Relativa Fr: Frecuencia Relativa Dr: Dominancia Relativa N _i : Especie número 1
Cociente de Mezcla	$CM = N_{sp}/N_i$	N _{sp} : N número de especies presentes. N _i : Número total de individuos presentes.
Índice Simpson	$D = P_i^2$ $D = [n_i(n_i - 1)/N(N - 1)]$	P _i : Abundancia proporcional. n _i : Número de individuos de iésima especie. N: Número total de individuos
Índice Berger- Parker	$D = \frac{N_{max}}{N}$	N: Número total de individuos N _{max} : Número de individuos especie más abundante
Índice Margalef	$D_{mg} = S - 1 / L_n(N)$	S: Número de especies N: Total de individuos

Nota. Elaboración propia, a partir de (Melo, 2003 y Humboldt, 2004)

Evaluación componente forestal comercial. Para plantaciones forestales comerciales, el diagnóstico se realizó según la propuesta de Murillo (2004), que contempla la valoración de aspectos asociados a la condición de calidad de áreas plantadas mayores a dos años. En este caso se establecieron parcelas circulares de 8 m de radio (400 m²) en sitios seleccionados bajo criterio de los autores, por la escasa presencia de esta cobertura. Fueron registrados datos cuantitativos y cualitativos, como DAP, posición sociológica, bifurcación, reiteración, inclinación, rectitud, daño mecánico, ángulo de inserción de ramas, estado fitosanitario, grano en espiral y distancia de siembra. La información aportada por cada unidad de muestreo permitió establecer el grado de calidad de la plantación forestal según la escala definida (Tabla 2).

Tabla 2

Valoración e interpretación calidad plantación forestal

Valor	Interpretación	Rango
1	Baja Calidad	1– 1,5
2	Media Calidad	1,6 – 2,5
3	Alta Calidad	2,6 - 3

Nota. Adaptado de (Murillo, 2004).

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Indicador de conservación. Este indicador se obtuvo a partir de la conteo de insectos adultos del orden Lepidóptera, y fue incluido para determinar el estado de conservación y grado de intervención antrópica del área de estudio en el sector alto, medio, y bajo. Para esto, se seleccionaron las especies (*Colias dimera*) y (*Altopedaliodes nebris*), reportadas como bioindicadores asociados a estados de conservación en áreas naturales de los Andes colombianos propuestos por (Villalobos, 2020). El muestreo se realizó en áreas abiertas como pastizales y bordes de quebrada. El indicador, se generó a partir del total de individuos encontrados en cada transecto, valores que fueron categorizados (Tabla 3).

Tabla 3

Valoración e interpretación indicador estado de conservación

Valor	Interpretación	Rango
1	Mala Conservación	0-39
2	Buena Conservación	40-99
3	Excelente Conservación	>100

4.3.2 Indicadores abióticos

Los indicadores abióticos seleccionados fueron la caracterización morfométrica de relieve, drenaje y la calidad del suelo. La morfometría de la microcuenca se calculó a partir de los métodos definidos en USTA, (2000) (Tabla 4).

Tabla 4

Variables morfométricas

Variable	Formula	Interpretación
Índice de compacidad (Kc)	$Kc = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R}$	P: Perímetro de la cuenca P _c : Perímetro circunferencia R: Radio de la circunferencia

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Factor de Forma (K_f)	$K_f = \frac{A}{L^2}$	A: Área de la cuenca L: Longitud de la cuenca
Índice de alargamiento (I_A)	$I_A = \frac{L}{A_n}$	L: Longitud de la cuenca A_n : Ancho de la cuenca
Índice asimétrico (I_{AS})	$I_{AS} = \frac{A_{mayor}}{A_{menor}}$	A_{mayor} : Vertiente mayor A_{menor} : Vertiente menor
Densidad de drenaje (D_d)	$D_d = \frac{L_c}{A}$	L_c : Longitud cauces A: Área de la cuenca
Relación de bifurcación (Rb)	$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	N_u : número de cauces de orden u
Índice de torrencialidad (I_t)	$I_t = \frac{\# \text{cauces orden } 1}{A}$	A: Área de la cuenca

Nota. Adaptado de (USTA, 2000)

Finalmente, el suelo fue analizado mediante la determinación de un índice de calidad aditivo, según la propuesta de Andrews, (2002).

$$ICS = \frac{\sum I_1 + I_2 + I_3}{n}$$

Donde:

I_1 : Valor normalizado del indicador 1

N : Indicador de empleados

Las variables seleccionadas fueron potencial de hidrógeno (pH), densidad aparente (D_a), densidad real (D_r) y porosidad total (P_t), las cuales fueron normalizadas según Cantú, (2007). (Tabla 5) parámetros que fueron determinados en el laboratorio de química de la UIS Sede Málaga bajo los protocolos del manual de laboratorio del SENA.

$$I_n = \frac{I_m - I_{max}}{I_{min} - I_{max}}$$

Donde:

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

I_m = Promedio del indicador

I_{max} = Valor máximo del indicador

I_{min} = Valor mínimo del indicador

Tabla 5

Clasificación calidad del suelo

Índice de calidad de suelos	Escala	Clases
Muy alta calidad	0,80 – 1,00	1
Alta calidad	0,60 – 0,79	2
Moderada calidad	0,40 – 0,59	3
Baja calidad	0,20 – 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 – 0,19	5

Nota. Tomada de Cantú et al. (2007).

4.4 Determinación escenario de sostenibilidad y propuesta de Plan de Manejo

Para establecer el escenario de sostenibilidad de la microcuenca, se emplearon cinco dimensiones definidas por su importancia para el actual contexto de proyección del país, donde la sostenibilidad, es asumida como un eje transversal de las problemáticas, para establecer soluciones que permitan a las comunidades rurales y urbanas disponer de mejores medios de vida. Para esto, fueron consultados como referentes teóricos el Plan Nacional de Desarrollo, “Colombia, potencia mundial de la vida” (PND, 2023) aprobado recientemente por el Congreso de la República, y el documento Ciencia y Tecnología: fundamento de la bioeconomía Propuestas del Foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente (Misión de sabios, 2019). Cada dimensión, fue evaluada a partir de cinco criterios, construidos desde el alcance de la dimensión al interior de la microcuenca y su área de influencia, que también, fueron articulados a un grupo de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Tabla 6).

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Tabla 6

Dimensiones y criterios evaluación escenario de sostenibilidad microcuenca Plumajera

Dimensión	Criterio
1. Cambio Climático	1.1 Condiciones locales, para mitigar efectos de cambio climático
	1.2 Capacidad de resiliencia de la unidad hidrográfica
	1.3 Nivel de conocimiento y comprensión del cambio climático
	1.4 Participación para la planificación y gestión del CC, con el clima
	1.5 Acceso a recursos del fondo verde para el clima
2. Energías Renovables	2.1 Dependencia de combustibles fósiles
	2.2 Acceso a energías renovables
	2.3 Reconversión de energía primaria a fuentes renovables
	2.4 Grado de conocimiento de energías renovables
	2.5 Infraestructura para energías renovables
3. Recuperabilidad Social	3.1 Oportunidades de labores para todas las edades
	3.2 Estabilidad del ingreso económico
	3.3 Condiciones de trabajo formales y equitativas
	3.4 Oportunidad de emprendimiento local
	3.5 Acceso a sistema de salud pensión
4. Transformación Productiva	4.1 Oportunidades de proyectos productivos
	4.2 Reconversión de la producción
	4.3 Desarrollo entorno a la bioeconomía
	4.4 Diversificación de la producción
	4.5 Tecnificación de sistemas producción
5. Protección del medio ambiente	5.1 Presencia de especies invasoras
	5.2 Conocimiento de gestión forestal sostenible
	5.3 Implementación de acuerdos de conservación
	5.4 Gestión de la biodiversidad
	5.5 Recuperación ambiental

Estos documentos, permitieron la construcción de un índice sintético de sostenibilidad (ISS), alimentado por los resultados generados de los productos 1 y 2 del trabajo. La valoración de cada criterio se realizó para el sector alto, medio y bajo, como se indica en la Tabla 7. Finalmente, se presenta una propuesta de aspectos a modo de insumos que pueden ser integrados al plan de manejo ambiental para la microcuenca, esto, en el marco de responsabilidad que tiene la autoridad ambiental definida en el artículo 2.2.3.1.10.4 del decreto 1076.

Tabla 7

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Escala de valoración dimensiones y criterios de sostenibilidad microcuenca Plumajera

Escala	Nivel de Cumplimiento	Nivel de Sostenibilidad
1	No cumple	No sostenible
2	Cumple en nivel bajo	Sostenibilidad baja
3	Cumple Parcialmente	Sostenibilidad Media
4	Cumple moderadamente	Sostenibilidad moderada
5	Cumple	Sostenibilidad alta

Por último, fue construido el Índice Sintético de Sostenibilidad (ISS), sobre la información aportada de las Tabla 6 y Tabla 7, estimado mediante la **Ecuación 1**.

Ecuación 2

Ecuación 1.

Índice Sintético de Sostenibilidad por dimensión

$$ISS = \frac{\Sigma(C_i)}{n_i}$$

Donde:

C_i : Valoración del criterio i en la dimensión i

n_i : Número de criterios de la dimensión i

Ecuación 2.

Índice Sintético de Sostenibilidad Microcuenca

$$ISSm = \frac{\Sigma(D_i)}{n_i}$$

D_i : Valoración dimensión i

n_i : Número de dimensiones i

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

5 Resultados

Todos los hallazgos, datos, información y estadísticas aquí consignados surgen del trabajo en campo, obtenidos de las actividades propuestas en la metodología y se presentan como productos finales de trabajo de grado.

5.1 Interacción Socio-Ecológica

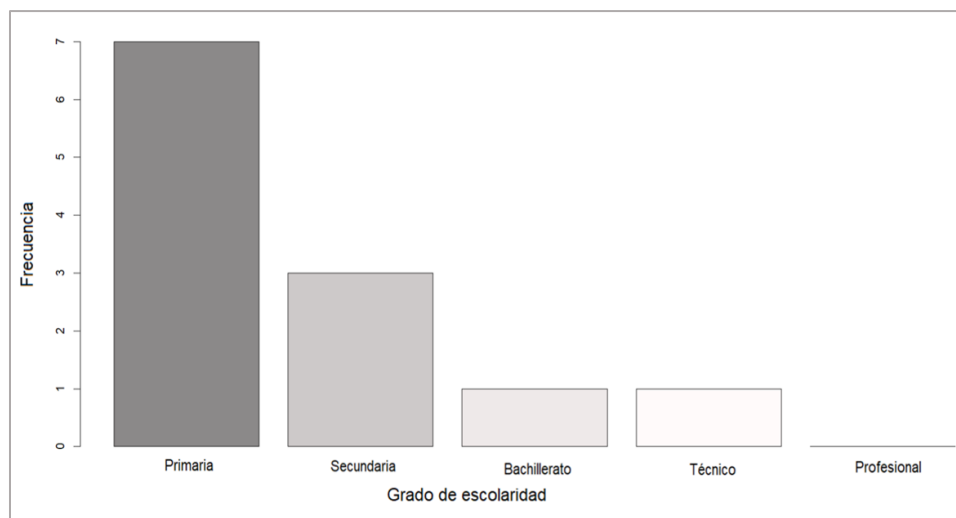
5.1.1 Diagnóstico Socio-Ecológico

El diagnóstico socio-ecológico del área de estudio, indica que las comunidades que habitan la microcuenca Plumajera poseen título legal de sus predios en un 83%, y un 16,6% habitan en calidad de vivientes, modalidad donde se hacen acuerdos previos por el uso del predio sobre un valor monetario anual con el propietario. La mayoría de los predios se clasifican como minifundios, con áreas entre 1 a 5 ha, y una porción baja del 33% tienen extensión entre 5 a 10 ha. Un 50% de los hogares se encuentran conformados por padre, madre y un hijo, el 34% son fincas donde viven parejas o personas solas, y los hogares con más de 3 hijos solo representan en 17%. Respecto del grado de escolaridad, la educación en básica primaria fue del 64%, pero los demás niveles de formación no superan el 20% siendo la educación técnica y profesional escasa en términos de oportunidades para la población juvenil (Figura 2).

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Figura 2

Grado de escolaridad microcuenca Plumajera

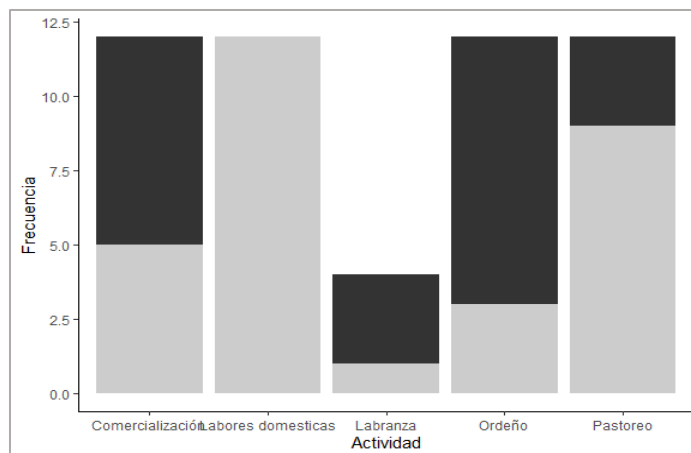


La principal actividad productiva en la microcuenca es la ganadería de leche, la agricultura de sostenimiento es implementada a pequeña escala, aspectos que generan niveles de estabilidad moderada, donde la base nutricional depende del mercado adquirido en Pangote centro poblado más cercano. Las labores propias en las fincas las cubre el núcleo familiar y un 83% de las cabezas de hogar las aprueba, en tal sentido, los trabajos son realizados de forma compartida (Figura 3).

Figura 3

Actividades de mantenimiento fincas microcuenca Plumajera

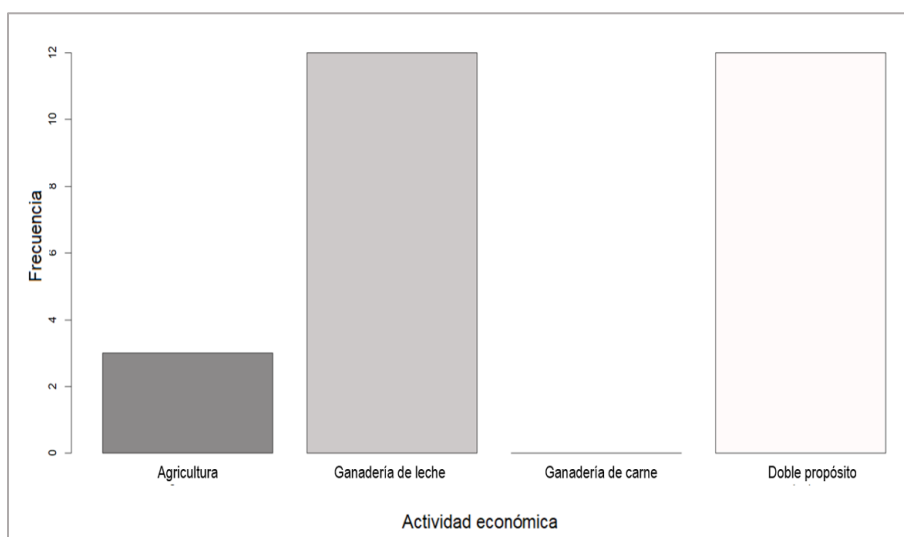
SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA



Respecto al componente económico, el 67% de los habitantes consideran que los precios de comercialización son justos, sin embargo, manifiestan que la relación beneficio costo de la leche no les permite tener óptimas condiciones de estabilidad monetaria. En tal sentido, es común llegar a acuerdos de cooperación entre vecinos a cambio de mano de obra, para trabajos propios de la finca, modalidad que reduce costos y fomenta la integración de la comunidad (Figura 4).

Figura 4

Actividad económica microcuenca Plumajera

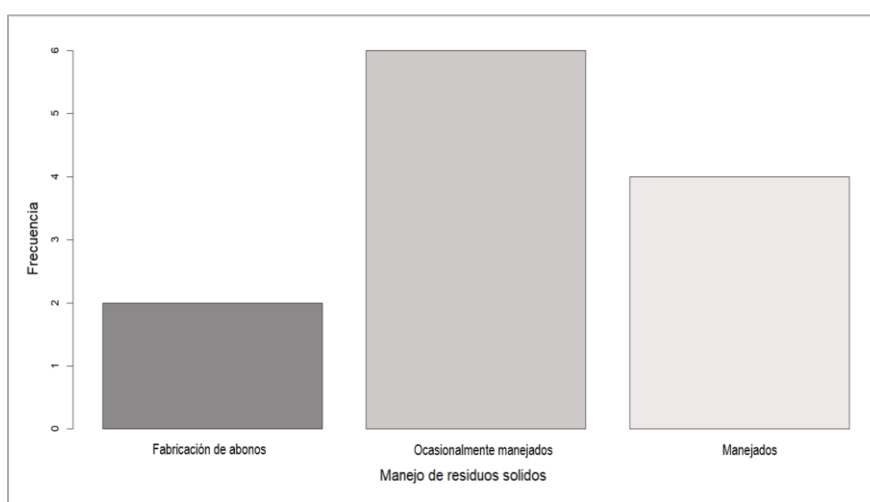


SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Desde lo ambiental, un 67% de habitantes evita el uso de áreas naturales para transformarlas a actividades productivas en sus fincas, donde el cuidado del agua es asumido como prioridad, esto, en un contexto de alta fragmentación de bosques naturales. Como aspecto favorable, se tiene la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, el manejo de residuos en las fincas, sin embargo, se identifican bajos niveles de reutilización de residuos orgánicos (Figura 5).

Figura 5

Gestión de residuos orgánicos microcuenca Plumajera

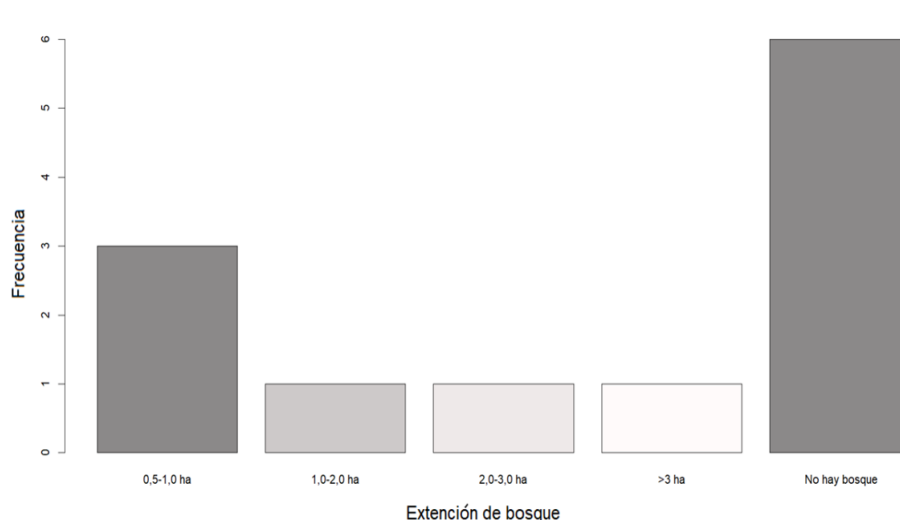


El componente forestal es el más afectado desde el enfoque socio-ecológico, esto por la reducida extensión de bosques en las fincas que no superan las 3 ha, sin embargo, las comunidades manifiestan que los pocos bosques que aún quedan deben ser conservados. Para esto, los habitantes expresan la voluntad de adelantar programas de reforestación, por el impacto favorable que generan los árboles en la microcuenca; indican, que no reciben ningún beneficio del estado por la conservación del bosque andino y de las especies de fauna silvestre que ya no son objeto de caza, aspecto que podría mejorar las condiciones de conservación del sistema socio-ecológico que representa la microcuenca (Figura 6).

Figura 6

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Extensión de bosque en fincas microcuenca Plumajera



5.2 Diagnóstico componente biótico y abiótico

5.2.1 Indicadores abióticos

La morfometría de relieve de la microcuenca la Plumajera; presenta un (K_c) de 1,43 valor asociado a una geometría oval-oblonga, donde la concentración de volúmenes de agua es media. El (K_f) fue de 0,27 y clasifica la unidad hidrográfica como alargada con una tendencia a generar caudales medios que no producirían inundaciones súbitas. El (I_a), indica que la microcuenca es medianamente alargada, con una red de drenaje en forma de espiga no muy densa, características que influyen sobre el comportamiento hidrológico respecto de la recepción y circulación del agua en su interior. Finalmente, el (I_{as}) se estimó en 2,8 y muestra no igualdad entre las dos vertientes, en este caso, la cuenca concentra sus componentes biofísicos hacia la vertiente derecha (

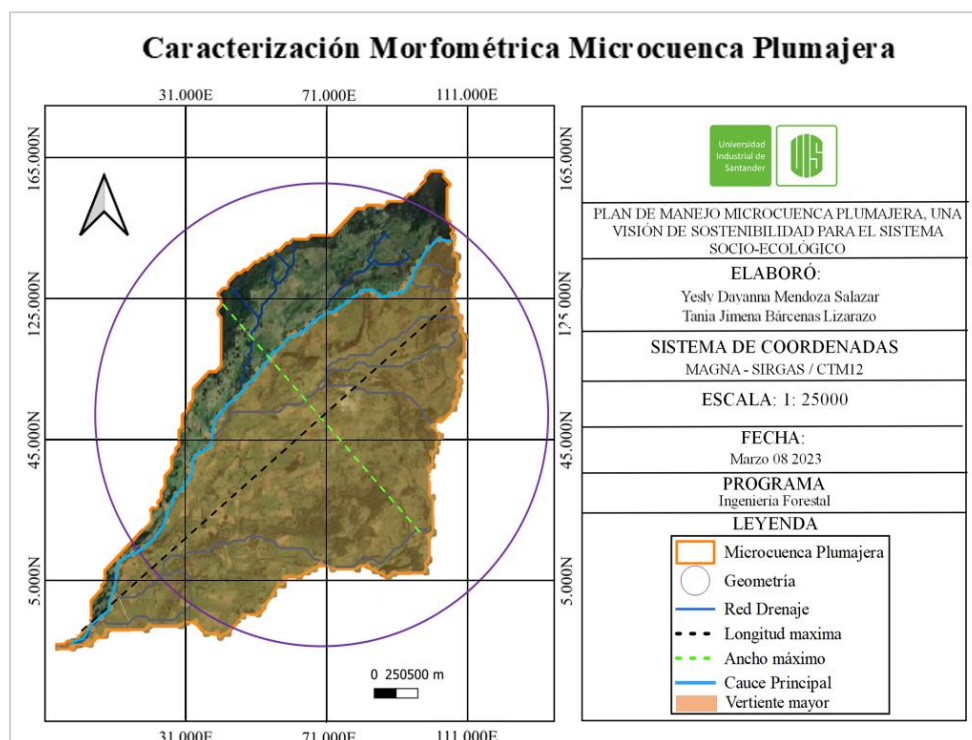
Figura 7). La morfometría del drenaje clasifica la microcuenca como $U=3$, donde (R_b) fue de 3, que corresponde a zonas de alta montaña de fuertes pendientes, configuración identificada igualmente en los recorridos de campo. La (D_d) fue de 2,9 y corresponde a una moderada capacidad

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

para evacuar la precipitación. El (I_i) de 1,14 se asume como una condición de alta vulnerabilidad ante eventos climáticos, situación evidenciada en campo y confirmada por las comunidades en el sector medio y bajo de la Plumajera donde fenómenos de remoción en masa han sido frecuentes.

Figura 7

Caracterización Morfométrica Microcuenca Plumajera



Nota: Procesado en Software Qgis 3.22

El ICS en la microcuenca fue de 0,55 y clasifica este recurso natural en moderada calidad (Tabla 8). El sector alto mostró mejor calidad del suelo, el pH fue el indicador que más incidió para esta condición, sin embargo, los demás indicadores presentaron valores inferiores que evidencian como las actividades antrópicas productivas impactan este recurso, incrementando la compactación y bajos valores de materia orgánica. En el sector medio de la microcuenca se encontró que el

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

indicador de (D_a) presenta un valor bajo, indicando un alto grado de compactación, que se presenta por el incremento de potreros y los factores externos que implican la actividad ganadera. El comportamiento general de los indicadores del sector medio es más homogéneo respecto del sector alto, situación que evidencia como las propiedades físicas y químicas del suelo han sido modificadas como respuesta de la interacción socio-ecológico al interior de la cuenca. Por último, El sector bajo registra el menor ICS, en esta sección de la cuenca los indicadores también presentaron un comportamiento homogéneo, donde la (P_t) confirma la condición de afectación física del suelo la cual fue comprobada en los recorridos realizados en campo.

Tabla 8

Índice calidad del suelo microcuenca la Plumajera, municipio de San Andrés

Indicador	Sector Alto	Sector Medio	Sector Bajo
pH	0,74	0,58	0,52
D_a	0,53	0,42	0,53
D_r	0,44	0,65	0,52
P_t	0,59	0,59	0,45
Promedio	0,58	0,56	0,50

5.2.2 Componente biótico

El índice de cobertura mostró características particulares de la masa forestal presente en la zona de estudio, que permitieron comprender aspectos de su estructura y composición. En total se cuantificaron 457 individuos agrupados en 21 especies de hábito arbóreo. De estas, el 14% reportan el mayor IVI, donde *Tibouchina*, seguida de *Retrophyllum rospigliosii* y *Magnolia caricifragrans*, fueron las más abundantes, frecuentes y dominantes. Respecto a la riqueza, el índice de Margalef indica que estos relictos de bosque en la cuenca presentan baja diversidad (1,8), congruente con el obtenido por los índices de Simpson y Berger-Parker indicadores de dominancia,

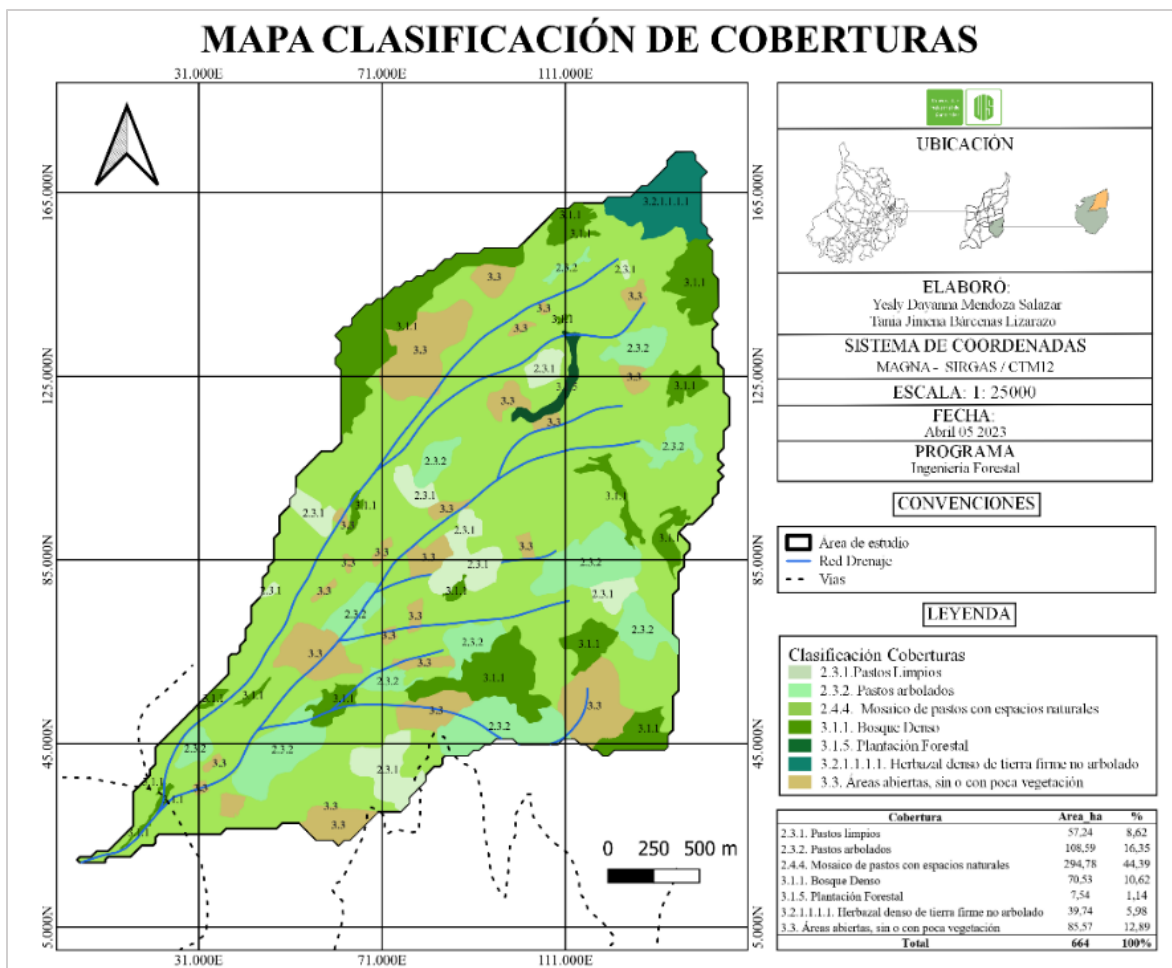
SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

cuyos valores fueron (0,1) y (0,9) respectivamente. Por último, el CM clasifica esta cobertura natural tendiente a la homogeneidad (0,03). La estructura vertical, indica presencia de tres estratos con una participación del 50%, 30% y 20% de individuos respectivamente, de los cuales la especie dominante en el estrato I fue *T. lepidota*, la cual representa un 22,7% del total de las especies de este estrato, así mismo, para el estrato II la especie *T. lepidota* junto con *Hedyosmum bonplandianum* representan el 27,3% de las especies; finalmente la especie menos dominante para el estrato III es *Ternstroemia meridionalis*. Respecto de la regeneración natural, *Citharexylum subflavescens*. Blake presentó el mayor IVIA que la clasifica como especie más representativa. La identificación de coberturas (Figura 8) evidencia la mayor extensión para mosaico de pastos con espacios naturales y representa el 44,39 % presente en los tres sectores, debido a las actividades antrópicas desarrolladas y al incremento de potreros destinados a la actividad ganadera de producción de leche. Los pastos arbolados, bosque denso y áreas abiertas con y sin poca vegetación corresponden al 39,83 % del área total de microcuena y en menor proporción se encuentra el herbazal denso de tierra firme no arbolado (5,98%) donde no existe la presencia de elementos arbóreos o arbustivos, esta cobertura solamente se identificó en el sector alto de la microcuena.

Figura 8

Clasificación coberturas Leyenda Corine Land Cover

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA



Nota: Procesado en Software Qgis 3.22

La microcuenca no cuenta con extensiones en cultivos forestales comerciales, el análisis de coberturas indica que solo el 1,14% del área total presenta algunos parches establecidos con *Pinus patula*. En términos generales, la muestra evaluada mostró un estado de mediana calidad de la plantación (Tabla 9). Las variables mejor valoradas fueron Bif, Inc, Rect, Dmc y Angln. Las puntuaciones más bajas corresponden a las variables de manejo silvicultural, que no son realizadas. A pesar de esto, los individuos evaluados presentan una rectitud óptima, condición que genera ventajas en términos de productos a extraer durante el aprovechamiento.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Tabla 9.

Evaluación de calidad componente forestal comercial microcuenca Plumajera

Variable	Bif	Reit	Inc	Rect	Dmc	Gram	Angln	Efit	GranE	Entr	Limp
Valor	2,7	1,0	2,8	2,3	2,5	1,1	2,6	2,0	1,3	1,0	1,0
Promedio general											1,8

El indicador de conservación, reportó la presencia de *Colias dimera* y *Altopedaliodes nebris* en la microcuenca Plumajera (Figura 9; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La frecuencia de las dos especies varió en el sector alto, medio y bajo (Tabla 10). El conteo permitió inferir un estado de conservación moderado de la microcuenca por la cantidad de individuos colectados, situación que confirma el contexto de uso de recursos naturales por las comunidades, que igualmente representa transformación del paisaje natural, como respuesta de los medios de vida que estas comunidades tienen al interior de la unidad hidrográfica. Sin embargo, el sector alto reportó la mayor frecuencia, seguida de la media y la baja.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Figura 9

Colias dimera (1), *Altopedaliodes nebris* (2)



Tabla 10

Frecuencia entomofauna orden Lepidóptera microcuenca Plumajera

Numero Mariposas	Sector Alto	Sector Medio	Sector Bajo
Conteo 1	35	35	12
Conteo 2	28	20	16
Conteo 3	20	16	12
Total	83	71	40

5.3 Escenario de sostenibilidad y propuesta Plan de Manejo Microcuenca Plumajera

La evaluación de sostenibilidad del sistema socio-ecológico en la microcuenca Plumajera, se clasifica en términos generales como baja (2,2), siendo el sector bajo donde se identificaron las condiciones más críticas (1,9). Un escenario, donde las posibilidades de alcanzar metas de los ODS tendrán limitaciones para 10 de estos objetivos considerados como relevantes en el análisis socio-ecológico tratado en el estudio (

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Tabla 11). En la dimensión Cambio Climático, los criterios conocimiento, y potenciales espacios de mitigación, fueron mejor valorados en el sector alto. Los restantes criterios, no presentaron variaciones en los tres sectores, donde el acceso a fondos de inversión y la participación en procesos de planificación evidencian los niveles más críticos (Figura 10). Sobre las energías renovables, el panorama es igualmente precario. Se destaca que esta condición, se genera por la alta dependencia que tienen las comunidades de fuentes fósiles en sus fincas para labores cotidianas. Los demás criterios, evidencian los problemas actuales de la unidad hidrográfica para los tres sectores, sobre conocimiento, acceso e infraestructura para este tipo de energías, incluidas en los modelos de transición propuestos desde lineamientos gubernamentales (Figura 11).

Figura 10

Evaluación de sostenibilidad dimensión cambio climático microcuenca Plumajera

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

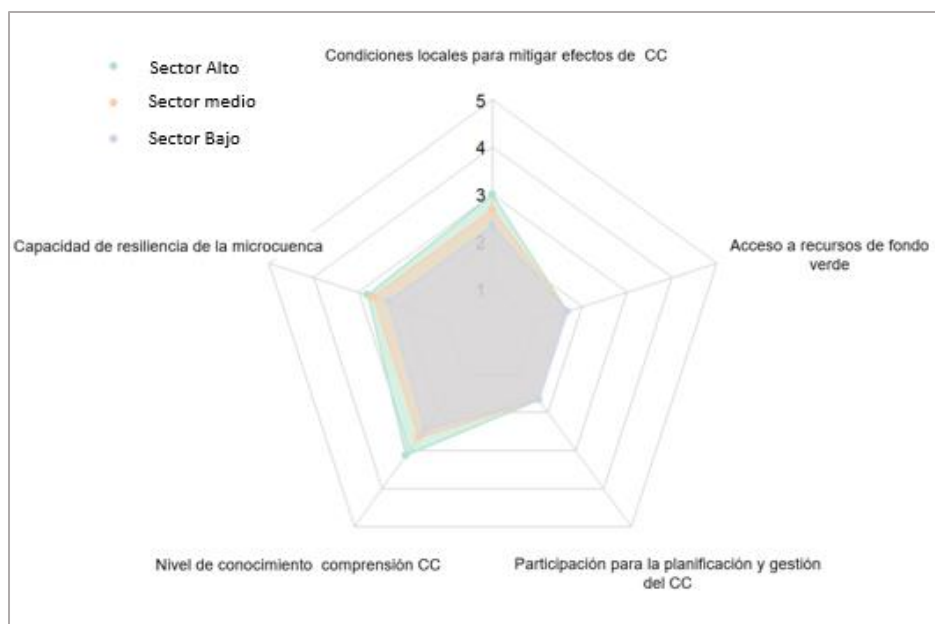
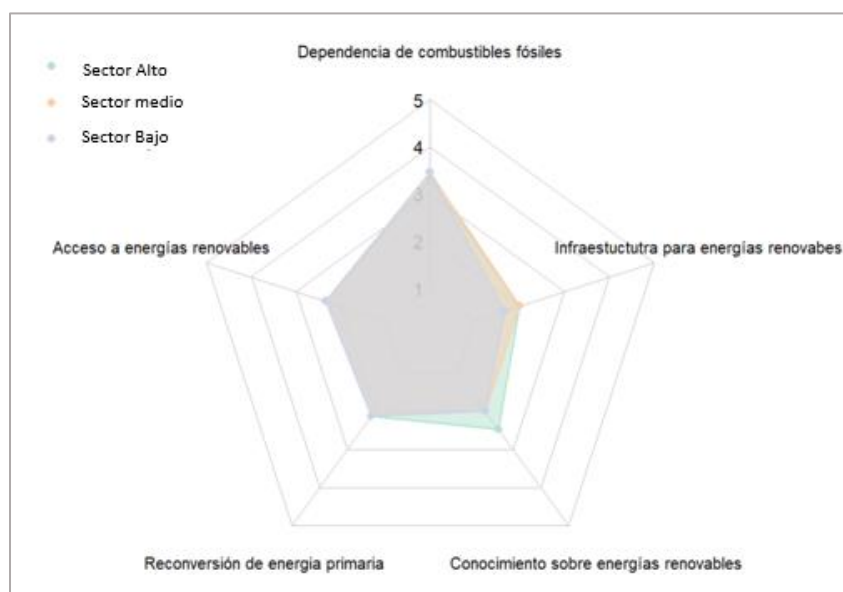


Figura 11

Evaluación de sostenibilidad dimensión energías renovables microcuenca Plumajera

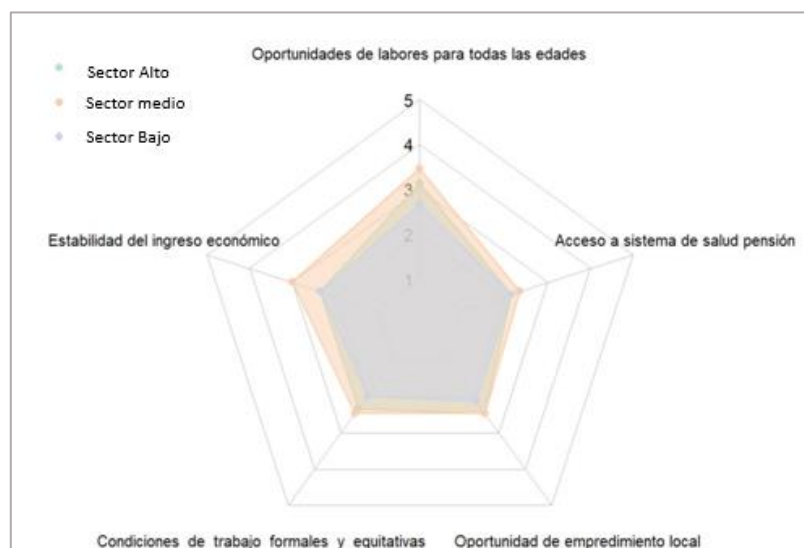


SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

La recuperabilidad social entendida como las condiciones óptimas laborales, no mostró condiciones ideales para ninguno de los sectores en la Plumajera, sin embargo, el sector alto y medio reportaron valores intermedios de sostenibilidad, situación debida a la mayor actividad productiva de las fincas. Los restantes criterios como estabilidad, equidad laboral, emprendimiento y acceso a seguridad social reflejan estados bajos de sostenibilidad para una dimensión importante en los análisis socio-ecológicos, al ser la expresión del vínculo de las personas con los recursos naturales que emplean (Figura 12). Los resultados en la dimensión transformación productiva, reflejan un panorama no favorable desde la sostenibilidad, iniciativas a nivel de proyectos productivos tendrían un mejor escenario solo para el sector medio, donde actualmente se concentran las actividades ganaderas. Otros criterios como reconversión de la producción, desarrollo bioeconómico, diversificación y tecnificación de la producción, mostraron bajos niveles de sostenibilidad en toda la microcuenca, donde el sector bajo nuevamente se clasifica en la situación más crítica (Figura 13).

Figura 12

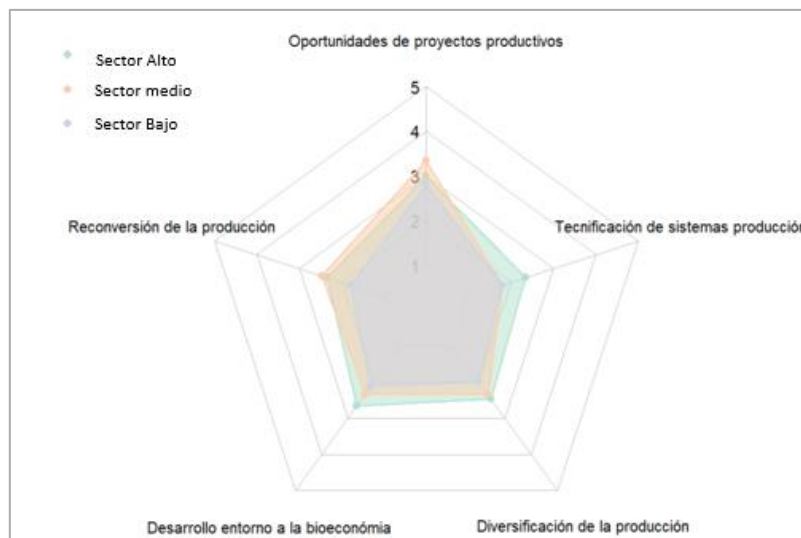
Evaluación de sostenibilidad dimensión Recuperabilidad social microcuenca Plumajera



SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Figura 13

Evaluación de sostenibilidad dimensión Transformación productiva microcuenca Plumajera



Por último, la dimensión protección del medio ambiente presentó mejor evaluación para el sector alto, donde se evidencian acciones locales de conservación de ecosistemas como el Páramo. Sin embargo, este lugar alberga el nacimiento de la quebrada Plumajera, donde no se tiene un proceso local de protección total. Para esta dimensión, la valoración de sostenibilidad fue baja por la presencia de especies invasoras, un aspecto, producto de los modelos de producción actual. De igual forma, no se tiene conocimiento de acuerdos por conservación y gestión forestal, herramientas que podrían revertir este panorama (**Figura 14**).

Figura 14

Evaluación de sostenibilidad dimensión Protección del medio ambiente

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

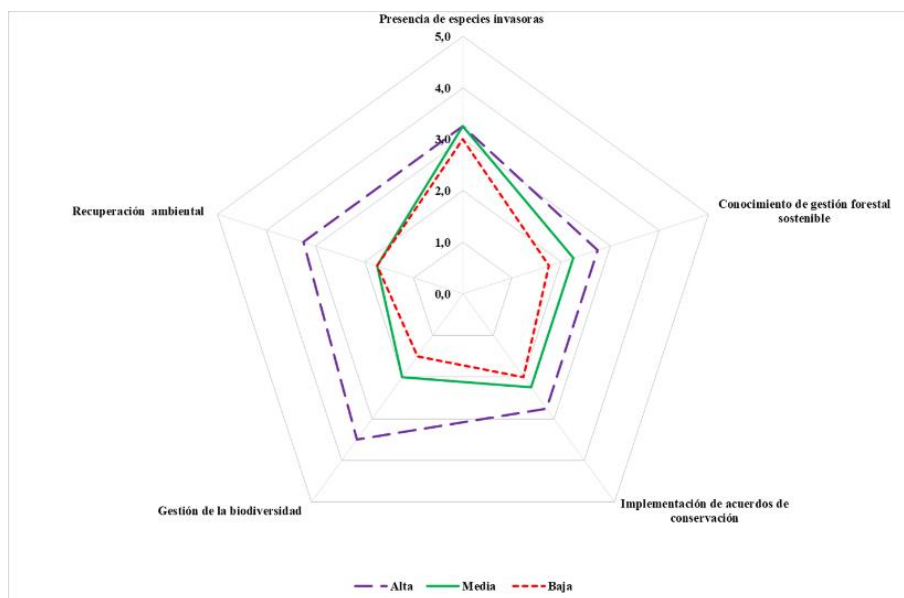















Tabla 11

Índice Sintético de Sostenibilidad y relación con ODS contexto microcuenca Plumajera

Dimensión	Sector	Sector	Sector	ODS Asociado
	Alto	Medio	Bajo	

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Cambio climático	2,2	1,9	1,7	   
Energías renovables	2,2	2,1	2,0	 
Recuperabilidad social	2,3	2,7	1,9	  
Transformación productiva	2,4	2,2	1,7	 
Protección del medio ambiente	3,1	2,3	2,0	 
Promedio	2,4	2,2	1,9	

5.3.1 Propuesta Plan de Manejo Ambiental Fase Diagnóstico

Como producto final del estudio, se relacionan los insumos generados de las etapas metodológicas previas, que constituyen la línea base como propuesta para la construcción de la fase diagnóstico del Plan de Manejo Ambiental para la microcuenca Plumajera. En tal sentido, el aporte generado

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

corresponde al 66% de los requerimientos definidos en la Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, y el restante 34%, hace referencia a información no generada por no estar incluida dentro del alcance de la propuesta de trabajo de grado Tabla 12. Algunos de los requerimientos de la guía, solo fueron estudiados de forma parcial, tal fue el caso de la fauna, donde solo fue incluida la Entomofauna como bioindicador. Para la vegetación se incluyó la presente al interior de los relictos de bosque.

Tabla 12

Contribución estudio a la fase diagnóstica Plan de Manejo Ambiental Microcuenca Plumajera

Nivel 1 Requerimiento	Nivel 2 Requerimiento	Nivel 3 Aporte trabajo de grado
Caracterización básica	Cartografía base	Shape delimitación microcuenca y red de drenaje escala 1:25.000
	División político-administrativa	Cartografía ubicación microcuenca Plumajera. Escala 1:25.000
Físico Biótico	Geología	No aportado, según alcance TG
	Geomorfología	No aportado, según alcance TG
	Hidrogeología	No aportado, según alcance TG
	Hidrografía	Cartografía Red hidrológica Escala 1:25.000 Descripción patrones de drenaje para la microcuenca Plumajera.
	Clima	No aportado, según alcance TG
	Hidrología	Ubicación estaciones hidrometeorológicas, para microcuenca Plumajera, escala 1:25.000
	Morfometría	Caracterización y análisis morfométrico de relieve y drenaje, escala 1:25.000
	Pendiente	No aportado, según alcance TG
	Calidad de agua	No aportado, según alcance TG
	Gestión recurso hídrico	Análisis uso recurso hídrico por comunidades.
Capacidad uso de tierras	Índice de calidad del suelo, tipificación de manejos del suelo microcuenca Plumajera.	

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

	Cobertura y uso de la tierra	Cartografía coberturas Leyenda Corine Land Cover Escala: 1: 25.000 Análisis de coberturas y usos actuales microcuenca Plumajera.
	Caracterización vegetación y flora	Caracterización de la vegetación y flora existente en relictos de bosque, identificación de especies en grado de amenaza.
	Caracterización fauna	Estado de conservación a partir de Entomofauna como bioindicador.
	Áreas y ecosistemas estratégicos	Delimitación de extensión correspondiente a Páramo microcuenca Plumajera.
Socio Económico y Cultural	Sistema social	Análisis demográfico, tenencia de la tierra y estructura unidades productivas microcuenca Plumajera.
	Sistema cultural	Análisis cultural y del territorio microcuenca Plumajera.
	Sistema económico	Análisis modelos productivos y dinámicas económicas microcuenca Plumajera.
Político administrativo	Oferta institucional	No aportado, según alcance TG
	Organización ciudadana	Análisis componente social
	Instrumentos de planificación y administración de RNR.	No aportado, según alcance TG
Funcional	Relaciones urbano-rurales y regionales en la cuenca.	Análisis diagnóstico microcuenca Plumajera.
	Relaciones socioeconómica en la cuenca.	Análisis diagnóstico, evaluación de sostenibilidad microcuenca Plumajera.
Gestión del riesgo	Caracterización histórica de amenazas y eventos amenazantes	No aportado, según alcance TG
	Amenazas	Análisis morfometría microcuenca Plumajera, línea base
	Vulnerabilidad	Análisis morfometría microcuenca Plumajera, línea base
	Escenarios de riesgo	No aportado, según alcance TG

Nota: Adaptada (Minambiente, 2014).

SOSTENIBILIDAD MICROCOMUNIDAD PLUMAJERA

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

6 Discusión

Los resultados obtenidos del estudio son base para proponer acciones hacia la construcción del Plan de Manejo de la Microcuenca la Plumajera, bajo un enfoque de sostenibilidad del sistema socio-ecológico. La interacción entre la comunidad y el entorno natural del área de estudio es directa, pero puede limitar el acceso a beneficios ecosistémicos. Al respecto, Rodríguez y Quintanilla (2019) desde su experiencia en México opinan que estas relaciones generan impactos en los recursos naturales, y resaltan la necesidad de trabajar hacia un cambio de actitud individual y colectiva. Los resultados, evidencian también dificultades para accesos a educación en niveles superiores, que Rodríguez y Quintanilla (2019), igualmente lo identifican como causante de las condiciones de transformación rural al reducirse la formación en aspectos de conservación. En tal sentido, reportes de Gaviria (2006) reconocen la falta de oportunidades y baja cobertura para estas poblaciones de jóvenes rurales (< 24,4%), y afirma que la sociedad colombiana, específicamente la rural, recibe una educación deficiente. Las actividades productivas se concentran en el comercio de leche y según Saurith (2018), en la región Andina son el soporte de sustento económico de las familias, pero también, implica impactos ambientales, situación validada por los resultados obtenidos. Otros aspectos, resultado de la interacción socio-ecológica indican como en la microcuenca aún se requieren esfuerzos para iniciar la gestión de residuos sólidos, y la conservación de los recursos forestales naturales, al respecto, Olivares et al. (2014), coinciden y mencionan que la ausencia de este manejo, afecta la salud humana y el ambiente, Salas y Canales, (2021) reconocen la importancia de fomentar la conservación al interior de unidades hidrográficas por medio de la participación de todas las edades, idea que Cairo et al.(2022) ratifica al manifestar que el conocimiento del ecosistema y el medio ambiente, brinda la posibilidad de trazar estrategias

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

para su cuidado, por medio de la sensibilización de la población con la problemática ambiental, aspecto tratado en el estudio.

La evaluación de calidad del suelo mostró resultados bajos según el pH, Da, Dr y Pt, en toda la microcuenca, estudios realizados por Mambuscay et al., (2016) emplearon estos indicadores en la región Andina para usos agrícolas, y concuerdan con los resultados obtenidos en la Plumajera respecto al grado de degradación del suelo que sustenta este tipo de manejos. Sin embargo, García (2012) sugiere la inclusión de indicadores biológicos para su alta sensibilidad ante la actividad antrópica, aspecto no tenido en cuenta para el estudio.

El indicador de conservación en la microcuenca, corresponde a un nivel moderado de este parámetro, donde las interacciones socio- ecológicas negativas asociadas a la transformación del medio natural se identifican como causa principal. En tal sentido, estudios realizados por Ramírez et al., (2007) concuerdan con este resultado al afirmar que los disturbios por acción antrópica inciden en el número de mariposas el cual disminuyó con el mayor grado de intervención, de esta forma el autor sugiere elaborar planes de conservación basados en corredores biológicos. De igual forma, Montero y Ortiz (2013) utilizan mariposas de la especie *Colias dimera* como bioindicadores biológicos y afirman que son una herramienta adecuada para llevar a cabo monitoreos de los ecosistemas y de las acciones antrópicas aledañas, un aspecto que puede ser ampliado para la Plumajera en un mayor periodo de tiempo. en más tiempo.

Por último, el escenario de sostenibilidad en la Plumajera es bajo desde el conjunto de criterios definidos, al respecto, Fawaz-Yissi, y Vallejos-Cartes, (2011) reconocen la importancia de abordar la sostenibilidad de los territorios con estas herramientas, un aspecto relevante incluido como pilar del estudio, que en su tipo es el primero para el Municipio de San Andres Santander. Las dimensiones empleadas para el análisis de sostenibilidad, mostraron los retos que tienen las

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

comunidades y administradores del territorio, para proyectar la gestión de los recursos naturales desde las necesidades y retos a nivel nacional. Para Gaviria (2019), el actual contexto de problemas del sector ambiental es una oportunidad para mejorar las actuales condiciones; bajo líneas antes no pensadas como la bioeconomía, la recuperación social y la transformación productiva, aspectos integrados al trabajo como dimensiones, y sobre los cuales se obtuvieron resultados más acordes a la realidad de la microcuenca Plumajera. En este sentido, Braz et al., (2020) concuerdan en las ventajas que tiene este tipo de análisis, donde la participación social es fundamental para comprender las complejidades de las cuencas como sistemas. De igual forma, en el plano internacional Janssens et al., (2020) en Tanzania incluyen los ODS como punto de análisis en la cuenca del lago Manyara, y concluyen que las acciones de conservación deben estar articuladas a beneficios económicos, donde los acuerdos por conservación y la estabilidad de ingresos pueden favorecer a las comunidades, aspectos igualmente identificados para la Plumajera, una microcuenca donde las intervenciones son necesarias para que esta se convierta en una fuente de recursos donde el sistema socio-ecológico permanezca en el tiempo.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

7 Conclusiones

La relación de las comunidades con el entorno natural de la microcuenca Plumajera, evidencia un vínculo directo creado desde generaciones pasadas, que actualmente conservan los nuevos habitantes por el uso de recursos que hace para su diario vivir, situación, que con el paso del tiempo ha generado cambios en el paisaje por el desarrollo de actividades productivas, llevadas a cabo solo con el conocimiento ancestral.

El diagnóstico inicial de la unidad hidrográfica, plasma las debilidades de los aspectos social, ambiental y económico, fundamentales para que las comunidades que la habitan dispongan de medios de vida óptimos, donde se puedan llevar en paralelo actividades productivas, la protección ambiental y el acceso a recursos económicos para el sostenimiento de las necesidades básicas de los núcleos familiares.

La condición actual de la microcuenca Plumajera respecto a los componentes biótico y abiótico, permitió definir que la calidad ambiental es moderada, siendo las actividades antrópicas productivas los aspectos que aumentaron las afectaciones del suelo y las coberturas naturales seleccionadas. Este panorama, deber ser entendido no solo como un problema de la unidad hidrográfica, sino por el contrario como una oportunidad para planificar su gestión integral que permita un equilibrio del sistema socio-ecológico allí presente.

El análisis de sostenibilidad reflejó los retos que tiene el sistema socio-ecológico al interior de la microcuenca Plumajera, respecto de la sostenibilidad de esta unidad hidrográfica, estratégica para el soporte de la vida y las actividades productivas, razón por la cual, es necesario adoptar mecanismos y acciones que permitan desde la información generada del estudio, proyectar un mejor panorama para sus habitantes y el sistema que integra el medio natural. .

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

8 Recomendaciones

Ampliar la caracterización de social a sectores aledaños a la microcuenca, con el fin de identificar similitudes o diferencias que permitan comprender aspectos claves sobre las formas de vida en los escenarios rurales del municipio de San Andrés Santander.

Incluir otros indicadores del suelo como los biológicos para el estudio del suelo, lo cual, conserva la línea de integralidad abordada en el estudio desde la bioeconomía como pilar para fortalecer la sostenibilidad y la protección de este importante recurso natural.

Realizar estudios que detallen a escala de finca, aspectos técnicos de los actuales modelos de producción, de tal forma, que los datos aportados sean insumo para proponer nuevas alternativas de producción al interior de la microcuenca Plumajera.

Aplicar el análisis de sostenibilidad en otras microcuencas o cuencas de la provincia de García Rovira, con el fin de conocer e identificar patrones del sistema-socio ecológico que sirvan de insumos para la gestión del territorio.

Difundir los resultados aportados a la autoridad ambiental con jurisdicción en la Plumajera, para que conozcan la situación real de esta unidad hidrográfica no solo desde lo ambiental y sirvan de línea base para la formulación de su plan de manejo ambiental.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA**9 Referencias Bibliográficas**

- Alatorre, N. (2010). La microcuenca como elemento de estudio de la vulnerabilidad ambiental. Centro de estudios en geografía humana. Colegio de Michoacán. México.
- Andrews, S., Karlen D., and Mitchell, J. P (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California., agriculture ecosystems and environment. 90, 25 – 45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)
- Balanta, V. (2015). Análisis del ordenamiento territorial de las cuencas hidrográficas, desde la perspectiva del desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Contables Económicas Y Administrativas*, 5(2), 146–159. Recuperado de <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/facceca/article/view/173>
- Bautista, A., Etchevers, J.,Castillo, R., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores: *Ecosistemas*, 13(2). Recuperado de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- Becerra, S. (2022). *Determinación del índice de calidad del suelo, en dos municipios de la Provincia de García Rovira Santander, Colombia*. Trabajo de Grado. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/11392>
- Braz, A., García, P., Pinto, A., Salinas, E., y Oliveira, I. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69-85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Briceño, M., Álvarez, U. y Barahona. (2012). Manual de Riego y Drenaje. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central. Carrera de ciencia y producción agropecuaria.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

- Escuela Agrícola Panamericana, *El Zamorano*, Honduras. 115. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4589>
- Boyle, B. (1996). Changes on altitudinal and latitudinal gradients in neotropical montane forest. Dissertation presented to Graduate School of Arts and Sciences of Washington University. St. Louis, Missouri, USA.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Ciencia. Agr.* 33(2), 117-124. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Cairo, C., Tarazona, J., Palomino, M., Baquero, W., y Flores, T. (2022). Importancia de las estrategias educativas sobre el conocimiento de la flora y la fauna, fomentando el cuidado del medio ambiente en la Universidad Nacional de Educación Enrique <https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i2.3121>
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., y Schiavo, H. (2007). Evaluación de la calidad del suelo mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo*, 25(2), 173-178.
- Castillo, L., y Velázquez, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio-ecológicos y resiliencia. *Revista de Estudios Territoriales*, 17(2), 11-32.
- CEPAL, N. (2002). Informe de la Conferencia Regional de América Latina y el Caribe preparatoria de la cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible.
- Cotler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, (83),5-71. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Decreto 1076 de 2015 [Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Mayo 26 de 2015.

Díaz, P., Andrade, C., Vásquez J. (2022). Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea Papilionoidea) en dos zonas del departamento del Vaupés, Colombia. *Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 45(177),1175-1191. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1402>

Doffo, N., y Bonorino, G. (2005). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60, 16-22. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0004-48222005000100003&script=sci_arttext&tlng=en

Fawaz-Yissi, J., y Vallejos-Cartes, R. (2011). Calidad de vida, ocupación, participación y roles de género: un sistema de indicadores sociales de sostenibilidad rural (Chile). *Cuadernos de desarrollo rural*, 8(67), 45-68.

Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Cepal. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11362/5763>

Gallopín, G. (2004). Sustainable development: epistemological challenges to science and technology. Background paper prepared for the Workshop, *ECLAC*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11362/6771>

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

García, P., Méndez, J., y Zarate, M. (2017). Delimitación de regiones hidrológicas en Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 132-151.

<https://doi.org/10.14482/inde.35.1.8946>

García, S., González, M., y Mora, T. (2017). Gestión del agua en comunidades rurales; caso de estudio cuenca del río Guayuriba, Meta-Colombia. *Luna Azul*, (45), 59-70.

<http://doi.org/10.17151/luaz.2017.45.5>

García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138.

Gaviria, J. (2017). Problemas y retos de la educación rural colombiana. *Educación y ciudad*, (33), 53-62. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6213576>

Gaviria, U. (2019). CIENCIA Y TECNOLOGÍA: FUNDAMENTO DE LA BIOECONOMÍA
Propuestas del Foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente.

Gómez, P., y Guerrero, V. (2022). *Análisis de la actividad antrópica sobre la calidad edáfica y estado de conservación de relictos de bosque seco tropical en el municipio de Enciso Santander*. Universidad Industrial de Santander. Trabajo de Grado.

<https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/9763>

Hernández, A., Landero, K., y Rodríguez, J. (2018). Estado Actual de la Planificación de las Cuencas Hídricas en el Departamento de Sucre (Colombia). *Procesos Urbanos*, 5(1), 1-4.

Recuperado de <https://repositorio.cecar.edu.co/handle/cecar/3117>

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2022). Estudio nacional del agua. Bogotá Colombia.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2018). Manual de campo inventario forestal nacional de Colombia. Bogotá Colombia.

Janssens, L., Vanhove, M., Rochette, A., Hugé, J., Verbesselt, S., Machunda, R., y Brendonck, L. (2020). Social-ecological assessment of Lake Manyara basin, Tanzania: A mixed method approach. *Journal of Environmental Management*, 267, 110594.

Martínez, J., Figueroa, A. (2014). Evolución de los conceptos y paradigmas que orientan la gestión ambiental ¿cuáles son sus limitaciones desde lo local? *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(24), 13-27.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial [Minambiente], (2021). Informe de gestión.

Montero, A., y Ortiz, M. (2013). Aporte al conocimiento para la conservación de las mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) en el Páramo del Tablazo, Cundinamarca (Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 17(2), 197–226.

Murillo, O., Meza, A., y Cabrera, J (2004). Estimación del valor real y del valor de mercado en pie de la plantación forestal. *Agronomía Costarricense*, 28 (1), 47-55. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628105>

Olivares, O., Angulo, N., y Lugo, E. (2014). Sensibilización ambiental comunitaria para el manejo adecuado de residuos sólidos en el sector Campo Alegre, Anzoategui, Venezuela. *Geominas*, 42(64), 149-156.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Oviedo-Celis, R.A., y Castro-Escobar, E. (2021). Un análisis comparativo de la sostenibilidad de sistemas para la producción de café en fincas de Santander y Caldas, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22 (3). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2230

Parada, L., y Sánchez, L. (2014). Desarrollo sostenible en Colombia una utopía, una necesidad del presente y un alivio para el futuro. *Contexto*, 3(1), 183-191. Recuperado de <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/contexto/article/view/288>

Payares, O. (2018). Planeación estratégica y sostenibilidad corporativa. *Conocimiento global*, 3(1), 50-55.

Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. Colombia Potencia mundial de vida. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

Ramírez, L., Chacón, P., y Constantino, L. (2007). Diversity of diurnal butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 54-63.

Rico, F., y Rico, H. (2014). El uso del suelo, ¿Un problema de capacidad productiva y de políticas públicas? *Logos, Ciencia y Tecnología*, 5(2),213-231. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=517751549002>

Rincón, A., Echeverry, A., Piñeros, A., Tapia, C., Arias, P., y Zuluaga, P. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32547>

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Rincón, A., Lara, D., Castro, L., y Rojas, C. (2016). Conflictos socioambientales y servicios ecosistémicos en la cuenca del río Orotoy: reflexiones para su gestión. *Ambiente y Sostenibilidad*, 3-16.

Rodríguez, E., y Quintanilla, A. (2019). Relación ser humano-naturaleza: Desarrollo, adaptabilidad y posicionamiento hacia la búsqueda de bienestar subjetivo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(3), 7-22.

Rodríguez, F. (2006). Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo. *Revista de las Sedes Regionales*, 7(12), 113-125. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66612867008>

Rodríguez, M., y Vélez, M. (2018). Gobernanza y gerencia del desarrollo sostenible. *Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes*.

Salas, J. (2021). Educación ambiental y su contribución al cuidado y protección del ecosistema. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 21(21), 229-246. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2021000100013&script=sci_arttext

Santibáñez, G., Castillo, S., y Martínez, Y. (2015). Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. *Bosque (Valdivia)*, 36(2), 299-313. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000200015>

Saurith, L. S. (2018). Estrategias sostenibles para minimizar el impacto ambiental generado por la ganadería extensiva en la región andina colombiana.

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Soberón, L., Glave, M., Ponce, M., Briceño, M., y Collazos, J. (2003). Gestión Integral de Microcuencas Andinas.

Tejera, R., y García, J. (2015). Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas: un nuevo enfoque basado en criterios de sostenibilidad. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 21(1), 43-58. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/1061>

Thackway, R., Lee, A., Donohue, R., Keenan, R., & Wood, M. (2007). Vegetation information for improved natural resource management in Australia. *Landscape and Urban Planning*, 79(2), 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.02.003>

Urquiza, A., y Cadenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire des Amériques*, (218). <https://doi.org/10.4000/orda.1774>

Villalobos, A. (2020). Insectos de paramo en Santander. Grupo de investigaciones entomológicas y ambientales.

Villalobos, A., y Salazar, J. (2020). Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) de un bosque Andino en la vertiente oriental de la cuenca de río Tona, Santander (Colombia). *Anales de Biología* 42, 75-84. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. <https://doi.org/10.6018/analesbio.42.09>

Volverás, B., Amézquita, É., y Campo, M. (2016). Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del departamento de Nariño, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 361-377. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:513

SOSTENIBILIDAD MICROCUENCA PLUMAJERA

Webb, B., Hannah, D., Moore, R., Brow, L., & Nobilis, F. (2008). Recent advances in stream and river temperature research. *Hydrological Processes* 22, 902-918.

<https://doi.org/10.1002/hyp.6994>

Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad.

Tabula Rasa, (28), 409-423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>