

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

Beley Viviana Gómez Pacheco y Cristian Yesid Guerrero Valderrama

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Forestal

Director

Ricardo Andrés Oviedo Celis

MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Codirector

Doris Duarte Hernández

MSc. Manejo Uso y Conservación del Bosque

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2022

**Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mis padres Tulio Emiro Gómez Maldonado y Julieta Pacheco Niño, quienes, con su esfuerzo, dedicación y paciencia, me han permitido crecer como ser humano y han sido ejemplo de inspiración, esfuerzo, disciplina y perseverancia.

A todas las personas participes en este proyecto, hermanos, amigos, compañeros y docentes, quienes con su apoyo hicieron posible la realización de este trabajo.

**Belcy Viviana Gómez Pacheco**

Dedico este trabajo a mis padres Carlina Valderrama y Luis Guerrero por su apoyo y esfuerzo, al brindarme todo lo necesario para lograr las metas planteadas, a mis hermanos Luis C. Guerrero y Daniel Guerrero, por estar presentes en toda mi formación y a mis compañeros, docentes que formaron parte de mi estancia en la universidad.

**Cristian Yesid Guerrero Valderrama**

### **Agradecimientos**

En reconocimiento a las personas que estuvieron presentes en el proyecto, expresamos total gratitud por su acompañamiento. A la Universidad Industrial de Santander, por abrirnos las puertas y contribuir en el proceso de formación académica durante estos años.

A nuestros directores: MSc. Ricardo Andrés Oviedo Celis y MSc. Doris Duarte Hernández, por su esfuerzo, dedicación y aporte de conocimiento científico en este proyecto, siendo guías y pilares fundamentales en su ejecución, donde su presencia incondicional desde las primeras instancias, contribuyó con nuestro desarrollo profesional.

Al docente Sergio Andrés Bolívar Santamaría, quien estuvo presto a brindar apoyo académico, aportando conocimientos técnico – científicos, los cuales contribuyeron en la realización del trabajo.

A nuestros familiares, compañeros y amigos, quienes hicieron posible el desarrollo de este proyecto donde su participación, permitió llevar a cabo el trabajo desarrollado, y a quienes con su colaboración contribuyeron en la colección de información precisada en los inventarios.

**Belcy Viviana Gómez y Cristian Yesid Guerrero.**

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo General .....	13
1.2 Objetivos Específicos .....	13
2. Antecedentes .....	14
3. Marco referencial .....	17
3.1 Marco teórico .....	17
3.1.1 Bosque seco tropical .....	17
3.1.2 Suelos tropicales .....	19
3.1.3 Actividad antrópica .....	21
3.1.4 Gestión forestal sostenible .....	22
3.2 Marco conceptual .....	23
4. Metodología .....	27
4.1 Ubicación .....	27
4.2 Relación de uso de suelo y relictos de bosque .....	28
4.3 Determinación estado de conservación en suelo y relictos de bosque seco .....	29
4.2.1 Muestreo de Suelo .....	30
4.2.2 Unidad de muestreo .....	31
4.2.3 Parámetros edáficos .....	31
4.2.4 Muestreo relictos de bosque .....	31
4.2.5 Unidad de muestreo .....	32
4.2.6 Muestreo de suelo forestal .....	33

4.4 Métodos y análisis calidad del suelo.....	33
4.5 Métodos y análisis conservación del bosque .....	34
4.6 Evaluación de la intervención antrópica respecto al estado del suelo y bosque .....	37
5. Resultados .....	37
5.1 Relación de uso del suelo, relictos de bosque y comunidades.....	37
5.1.1 Aspecto económico.....	39
5.1.2 Aspecto ambiental.....	40
5.1.3 Componente Técnico .....	42
5.2 Estado de conservación de suelo y relictos de bosque seco.....	43
5.3 Estado de conservación del bosque.....	46
5.4 Relación intervención antrópica, respecto al estado de conservación del suelo y relictos de bosque.....	50
6. Discusión.....	52
7. Conclusiones .....	59
8. Recomendaciones .....	60
Bibliografía .....	61
Apéndices.....	78

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Criterios de sostenibilidad, relación uso del suelo y relictos de bosque.....	29
Tabla 2. Clases Índice Calidad del Suelo (ICS).....	34
Tabla 3. Indicadores y verificadores empleados para estimar la conservación de cada conglomerado.....	35
Tabla 4. Rangos de calificación para el estado de conservación del bosque.....	37
Tabla 5. Medias para indicadores químicos, físicos y biológicos.....	44
Tabla 6. Índice de calidad del suelo calculado para uso de suelo agrícola y bosque.....	46

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de ubicación .....	27
Figura 2. Sistema de muestreo edáfico .....	30
Figura 3. Conglomerado muestrai relictos de bosque.....	32
Figura 4. Relación social.....	39
Figura 5. Relación económica.....	40
Figura 6. Relación ambiental .....	42
Figura 7. Relación técnica.....	43
Figura 8. Análisis de Componentes Principales(ACP), indicadores físicos, químicos y biológicos en suelo agrícola y relictos de bosque .....	44
Figura 9. Análisis de componentes principales (ACP), indicadores que conforman el Conjunto Mínimo de Datos (CMD).....	45
Figura 10. Indicadores para determinar el estado de conservación de los relictos de bosque conglomerado 1, conglomerado 2 y conglomerado 3.....	47
Figura 11. Correlograma de indicadores análisis multicriterio e indicadores del suelo ...	51

**Lista de Apéndices**

**Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca  
UIS**

Apéndice A. Ecuaciones

Apéndice B. Parámetros edáficos

Apéndice C. Análisis multicriterio

Apéndice D. Plantilla, recolección de datos muestreo biológico

Apéndice E. Instrumento de campo, tipo encuesta

Apéndice F. Plantilla, recolección de datos de flora

## Resumen

**Título:** 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\*

**Autor:** Belcy Viviana Gómez Pacheco, Cristian Yesid Guerrero Valderrama\*\*

**Palabras Clave:** Comunidades rurales, desarrollo sostenible, suelo tropical, tierras agrícolas, uso de tierras forestales.

### Descripción:

Determinar el estado de conservación del suelo y relictos de bosque seco tropical, permite establecer escenarios futuros para la gestión integral de estos recursos naturales, a razón de la sobreutilización evidenciada en una escala temporal, de este modo, se analiza la influencia antrópica sobre el suelo y conservación de relictos de bosque en la vereda Juncal del municipio de Enciso Santander. Para esto, se realizó un acercamiento inicial con los habitantes y se aplicó un instrumento de campo, estructurado en aspectos socioeconómicos y ambientales. El muestro de suelo, se llevó a cabo en dos usos vocacionales, con la toma de tres muestras, a partir de las cuales se obtuvieron las propiedades físico químicas. Para el muestreo del componente forestal, se establecieron tres conglomerados en áreas con presencia de algún agente tensionaste y representativas del ecosistema, las cuales fueron estudiadas, a partir de un análisis multicriterial. La información obtenida en el instrumento de campo, se procesó mediante estadística descriptiva. Los resultados del laboratorio, fueron sometidos a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y ANOVA, para establecer diferencias significativas entre propiedades. Se realizó un análisis de componentes principales para definir el conjunto mínimo de datos y estimar el índice de calidad del suelo (ICS). Finalmente, se aplicó una correlación de Pearson para integrar indicadores de calidad del suelo y estado de conservación de los relictos de bosque. Los resultados, indican que los habitantes de la zona hacen uso frecuente del suelo bajo diferentes actividades productivas, sin garantizar su sostenibilidad. El ICS fue mejor en el bosque, donde el conglomerado dos también presentó las mejores condiciones en conservación según la metodología empleada.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa Ingeniería Forestal. Director: Ricardo Andrés Oviedo Celis. MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Codirector: Doris Duarte Hernández. MSc. Manejo Uso y Conservación del Bosque

### Abstract

**Title:** Analysis of anthropic activity on soil quality and conservation status of tropical dry forest relicts in the municipality of Enciso Santander. \*

**Author(s):** Belcy Viviana Gómez Pacheco, Cristian Yesid Guerrero Valderrama \*\*

**Key Words:** Rural communities, sustainable development, tropical soils, farmland, forest land use.

### Description:

Determining the conservation status of the soil and relicts of tropical dry forest, allows establishing future scenarios for the integrated management of these natural resources, due to the overutilization evidenced in a temporal scale, thus, the anthropic influence on the soil and conservation of forest relicts in the Juncal village of the municipality of Enciso Santander is analyzed. For this, an initial approach was made with the inhabitants and a field instrument was applied, structured in socioeconomic and environmental aspects. Soil sampling was carried out in two vocational uses, with the collection of three samples, from which the physical and chemical properties were obtained. For the sampling of the forest component, three clusters were established in areas with the presence of a stressful agent and representative of the ecosystem, which were studied based on a multi-criteria analysis. The information obtained from the field instrument was processed using descriptive statistics. The laboratory results were subjected to the Kruskal-Wallis non-parametric test and ANOVA to establish significant differences between properties. A principal component analysis was performed to define the minimum data set and estimate the soil quality index (SQI). Finally, a Pearson correlation was applied to integrate indicators of soil quality and conservation status of forest relicts. The results indicate that the inhabitants of the area make frequent use of the soil under different productive activities, without guaranteeing its sustainability. The SQI was better in the forest, where cluster two also presented the best conservation conditions according to the methodology used.

---

\* Degree Work

\*\*Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa Ingeniería Forestal. Director: Ricardo Andrés Oviedo Celis. MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Codirector: Doris Duarte Hernández. MSc. Manejo Uso y Conservación del Bosque

## Introducción

Los bosques secos tropicales tienen características específicas de estructura y composición; que les permiten albergar un importante grado de endemismos, así como diversidad de plantas y animales (Pardo y Moreno, 2018). Sin embargo, con el paso del tiempo han sido objeto de presiones antrópicas fuertes, que causan su degradación y reducción en el contexto nacional (García y González, 2019). Según García y González (2019); Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [IAvH], (2019), Colombia cuenta con el 8% de la cobertura original de este ecosistema, condición que compromete la sostenibilidad del patrimonio forestal.

En América Latina, la situación es similar en términos de su extensión para el bosque seco tropical, donde se referencian parches en condiciones conservadas de 560.350 km<sup>2</sup>; en estado crítico 843.674 km<sup>2</sup> y con degradación alta 698.994 km<sup>2</sup>, se coloca en contexto el estado de afectación que sufre el ecosistema y la necesidad de aunar esfuerzos desde los territorios, que permitan revertir el escenario actual de uso y aprovechamiento, por uno de enfoque integral que asegure la gestión de la cobertura y del suelo que lo soporta (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2020).

Una característica relevante del bosque seco tropical, es la configuración del medio físico natural que lo soporta, donde crecen e interactúan las diferentes especies de fauna y flora. El uso del suelo en áreas secas tropicales, crea una relación directa entre las comunidades rurales y las actividades productivas que se desarrollan en diferentes escalas espaciales y temporales, sin embargo, con el paso del tiempo la evidencia científica ha demostrado su reducción en términos de rentabilidad y productividad (Koleff et al., 2012) y esta condición, asociada a la ausencia de esquemas locales de uso del suelo, basados en la selección vocacional correcta de áreas para tal fin afectan el estado de conservación. Al respecto, Kyok et al. (2006), mencionan que las actividades antrópicas, impactan no solo la cobertura y el suelo, sino que a su vez modifican componentes biofísicos del ecosistema, lo que implica una reducción en el aporte de bienes y

servicios, el incremento de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la transformación del paisaje rural y variaciones climáticas, entre otros.

La provincia de García Rovira conformada por 12 municipios, cuenta con áreas de bosque seco tropical en 7 de ellos, San José de Miranda, Capitanejo, San Miguel, Macaravita, San Andrés, Molagavita y Enciso (Universidad Industrial de Santander [UIS], 2011 y Fajardo et al., 2018). De manera específica, en el municipio de Enciso vereda Juncal, el uso del suelo tiene mayor enfoque hacia la agricultura de ciclos cortos y minifundios, con alta dependencia de insumos agroquímicos para cultivos como tabaco, melón, mango, maíz y yuca; que son la base del sustento de las familias campesinas que habitan el sector.

Sin embargo, no es claro cómo estas comunidades y las actividades rurales que desarrollan, han influido en el estado del ecosistema y el medio físico natural que da soporte al mismo, situación, que limita la posibilidad de tener claridad y comprender las consecuencias que la relación sociedad – recursos naturales. De continuar con esta tendencia de sobreutilización de los recursos naturales, se puede poner en riesgo el patrimonio ambiental del municipio y limitar escenarios de sostenibilidad en la provincia, sobre los cuales las actuales y futuras generaciones puedan establecer una simbiosis con el medio natural. La presente investigación hace un análisis de las condiciones específicas en la vereda Juncal de Enciso, Santander, sobre la forma en que las comunidades y las actividades que desarrollan influyen en el bosque y la calidad del suelo. Los productos generados, serán base para iniciar aportes desde la academia y fortalecer herramientas de gestión y planificación como los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Analizar la influencia de la actividad antrópica, sobre la calidad edáfica y estado de conservación de relictos de bosque seco tropical en la vereda Juncal del municipio de Enciso Santander.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Establecer la relación entre el uso del suelo y relictos de bosque seco tropical, con las comunidades del área de estudio.

Determinar el estado de conservación del suelo y relictos de bosque seco tropical, presentes en el área objeto de estudio.

Evaluar la relación de la intervención antrópica, con respecto al estado de conservación de los suelos y relictos de bosques en la vereda Juncal de Enciso, Santander.

## 2. Antecedentes

Janzen (1992), reconoce la degradación del bosque seco tropical a nivel global y considera que en la antigüedad se extendía para Colombia espacialmente en la costa Caribe y a lo largo del valle de los ríos Magdalena y Cauca. Así mismo, sus estudios indican que los bosques secos a subhúmedos cubrían una extensión de 80.000 km<sup>2</sup>, la cual a 1997 solo era de 1,5%. La evolución de la agricultura ha dado paso a la tala indiscriminada de los ecosistemas boscosos, ya que las comunidades demandan materias primas naturales que transforman el paisaje en áreas agrícolas, pecuarias y de infraestructuras.

Según Dinerstein et al. (1995), en Colombia, las áreas naturales de bosque seco tropical, se pueden encontrar en los valles de los ríos Cauca, Magdalena, Patía y Sinú, han sido catalogadas en estado crítico a mediados de los años 90, producto de las frecuentes intervenciones antrópicas causadas. En el marco de la conservación de los ecosistemas naturales de Colombia, el IAVH (1998), en su publicación “Programa de inventarios de biodiversidad”, enmarca las contribuciones y aportes que tuvo con respecto a la información correspondiente a la diversidad en el país, para el año de 1995, se dio inicio a la caracterización del bosque seco tropical con la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) en la parte norte y centro del territorio nacional, proceso liderado por el Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental (GEMA) lo que permitió fortalecer la base de información y las capacidades para su gestión integral (Mina y Palencia, 2017).

Otros estudios realizados en el ecosistema, aportaron datos sobre la estructura y riqueza florística en remanentes de bosque localizados en la región caribe y el valle del río Magdalena, se encontraron diferencias significativas entre relictos de bosque y bosques secundarios, a nivel de datos estructurales y riqueza, lo cual depende radicalmente en cómo las comunidades dan uso a estas coberturas (Mendoza, 1999). La mayor parte de investigaciones realizadas en bosque seco, se efectúan en algunas de las regiones mencionadas en citas anteriores, a su vez existen áreas menos estudiadas pero no olvidadas como es el caso de los Santanderes donde Albesiano et al. (2003), adelantaron un estudio detallado sobre la vegetación presente en la

cuenca media del río Chicamocha, que detecto coberturas vegetales desarrolladas de manera más eficiente en la región, como los matorrales espinosos, que varían según la pendiente, suelo y la presencia de comunidades que usan los recursos naturales allí presentes. Este estudio reconoce a su vez, que los factores antropogénicos no son responsables de la semiaridez del ecosistema, pero sí de su degradación, producto de los modos de uso que dan al suelo en desarrollo de múltiples actividades de tipo productivo. Para solventar la situación crítica por la que atraviesa el ecosistema, algunas entidades lideran acciones enfocadas a prevenir la decadencia de estas áreas naturales secas en todo el territorio nacional, se destaca el actuar de: La Red de Investigación y Monitoreo en bosque seco, la cual agrupa un conjunto de instituciones públicas y privadas de variado enfoque (Pizano et al., 2017).

Los avances respecto al manejo que ha adaptado el país con fines de conservación han sido mediante declaratorias de las primeras áreas protegidas relacionadas con bosque seco tropical en Colombia, iniciadas en 1964, donde fue declarado el Parque Nacional Natural Tayrona, en el destaca el bosque seco de Neguanje, característico por presentar baja intervención antrópica, al cual, Mendoza (1999) considera como el mejor conservado de América Latina. La Isla de Salamanca representa un alto valor en términos de avifauna y la Sierra Nevada de Santa Marta se destaca por presentar todos los pisos térmicos, entre los que se encuentran ecosistemas correspondientes a secos tropicales (Vergara et al., 2004). En el año 1977 fue declarado el Parque Nacional Natural de Macuira, compuesto ecológicamente por bosque seco (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2015). Otra área protegida de gran importancia en Colombia es el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon que cuenta con alta riqueza en especies y buen estado de conservación (Ruiz y Fandiño, 2009). Pese a lo anterior, estos avances no son suficientes, ya que las pérdidas en área resultan alarmantes como lo menciona Márquez (2004), la intervención de estos ecosistemas viene dándose desde la época precolombina, además considera un avance que la humanidad reconozca su estado actual y de transformación.

Según Etter et al. (2016), en su libro la lista roja de ecosistemas el bosque seco tropical se encuentra en la categoría de amenaza Peligro Crítico (CR). Esto se debe a los pocos esfuerzos de conservación, pues se requieren áreas en términos de extensión más significativas de protección. En los últimos años, investigadores han desarrollado estudios sobre la situación actual, comportamiento y conservación del bosque seco tropical, teniendo en cuenta sus aspectos

ecológicos y reproductivos, que resultan ser clave para la restauración del ecosistema, puesto que, depende de su estado para implementar programas de restauración (Torres et al., 2019). Por otra parte, Aguirre et al. (2019), consideran importante realizar seguimiento y monitoreo en la ejecución de proyectos de restauración, que permiten tener noción de los avances, desarrollo o de ser el caso asignación de recursos para alcanzar el éxito en el proyecto. Finalmente, es importante mencionar actores vinculados al manejo y gestión del bosque seco tropical, a nivel nacional aquellas entidades que integran el sistema nacional ambiental (SINA), dentro de las cuales se destacan MADS, IAvH y CAR's, igualmente en el país ha sido importante el aporte y apoyo de entes internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], y otras de carácter privado como la ONG Fundación Ecosistemas Secos de Colombia, entidades que han aportado en procesos de alto valor, teniendo en cuenta el momento crítico por el que atraviesa este ecosistema en los últimos tiempos.

Ghaemi et al. (2014), mencionan que la implementación de indicadores de calidad del suelo proporciona información variada sobre el estado actual del recurso, mediante la selección de parámetros medibles que revelan el comportamiento del suelo en diferentes situaciones, debido a la variabilidad que presentan las propiedades del suelo los indicadores para la determinación de su calidad varían de acuerdo a los diferentes usos y eventos climáticos.

Finalmente, se identificaron estudios realizados por Cárdenas et al. (2021), para un bosque seco tropical ubicado en la vertiente oriental del río Magdalena, donde se puntualizan los bienes y servicios aportados por el ecosistema, en este sentido adelantaron procesos como la observación en las interacciones biofísicas en el bosque, por otra parte, se planteó una matriz (análisis multicriterial), la cual enmarca algunos de los factores más influyentes para la obtención de servicios ecosistémicos. Para el caso puntual de análisis, se tiene que agentes como, las actividades agropecuarias, pastoreo dentro del bosque, procesos de infraestructura, sobreutilización del suelo, cambios vocacionales y presencia de especies invasoras, se definen como impulsores de cambio directos asociados a los ecosistemas, lo que se ve reflejado en su funcionamiento y estados de conservación.

### 3. Marco referencial

#### 3.1 Marco teórico

##### 3.1.1 *Bosque seco tropical*

Los ecosistemas forestales a nivel global presentan divisiones como respuesta de su configuración en composición y estructura, dentro de esta amplia gama de bosques, la región tropical cuenta con una tipología específica denominada bosque seco tropical (FAO, 2003). Según Pardo y Moreno, (2018), este tipo de bosque se caracteriza por presentar fragmentos densos a ralos con tendencia a xerofíticos donde la temperatura y precipitación influyen en la adaptación de las especies de fauna y flora que lo conforman. Se localizan en regiones tropicales, con época seca variable de 5,00 a 7,50 meses, precipitaciones de carácter estacional que oscilan en promedio de 700 a 1000 mm/año (Lamprecht, 1990), pero excepcionalmente puede ser más elevado, en algunas regiones alcanza 2000 mm/año (IAvH, 1998; Murphy & Lugo, 1986). Durante los periodos de baja precipitación es común en el ecosistema, la pérdida de follaje y las bajas tasas de actividad fotosintética, aspectos que expresan la respuesta de adaptación fisiológica del componente arbustivo y arbóreo (IAvH, 2014).

El bosque seco tropical en Colombia, abarca aproximadamente 1'022.632 ha que representan el 8% de su cobertura original, las regiones del país donde aún existen suelos con estos ecosistemas son: Caribe, Valle del río Cauca y Magdalena, Valle del río Patía, la Orinoquia y Norandina (García y González, 2019). Para la región Norandina, área donde se ubica el presente estudio, los reportes indican que la vegetación secundaria del ecosistema es de 47.490 ha, la regeneración de 73.874 ha y, finalmente, el bosque maduro cubre un área 5.276 ha, valores que reflejan el estado avanzado de degradación, en que se encuentra el ecosistema como respuesta a la presión antrópica (IAvH, 2014).

Según García y González (2019), Santander y Norte de Santander cobijan el 12,4% del área actual del bosque seco tropical del territorio nacional, algunas de estas se localizan en el

enclave xerofítico del cañón del río Chicamocha, donde se hallan varias especies objeto de conservación por su carácter endémico o su alto grado de amenaza. A nivel departamental, se presentan algunos relictos en la escarpa oriental de la ciudad de Bucaramanga, asociados a la cuenca del río Lebrija y otros asociados al cañón del río Suratá, de igual forma los municipios de Barrancabermeja, Girón, Lebrija, Floridablanca y Piedecuesta presentan algunas áreas del ecosistema (Pardo y Moreno, 2018).

Para Murphy & Lugo (1986), el bosque seco tropical comparado con el húmedo tropical, se caracteriza por una estructura más simple, y un reducido número de especies. De manera análoga el bosque seco tropical presenta configuraciones de paisaje heterogéneo representadas por bordes, parches, árboles aislados, rastrojos y especies de gran potencial productivo que definen sus tipologías (Suárez y Vargas, 2019). En este sentido, Díaz (2006) indica que el ecosistema cuenta con una cobertura vegetal de individuos con porte arbóreo, arbustivo, así como plantas trepadoras, epífitas y hierbas que lo hacen complejo y relevante para el equilibrio del planeta.

En Colombia, el bosque seco tropical ha presentado por tradición cultural, un alto uso de los recursos naturales que alberga, dando como resultado una marcada intervención y transformación de estas áreas naturales (Avella et al., 2019), situación no ajena a otros ecosistemas como la amazonia y bosques andinos, donde la deforestación ha estado presente desde el XVIII como parte de los procesos de subsistencia de agricultores locales quienes optaron por este mecanismo para la producción de alimentos (Rodríguez, 2019). Gran parte de los parches del bosque seco tropical existentes, corresponden a bosques secundarios, clara expresión de la forma de uso y aprovechamiento de sus elementos biofísicos por la presión antrópica en su mayoría de actividades agrícolas y pecuarias (IAvH, 1998).

Según Pizano et al. (2017), a nivel nacional, en los estudios realizados a la fecha, la composición florística del bosque seco, está integrada por 54 especies endémicas de las cuales el 66% están clasificadas en categoría de amenaza. El ecosistema, contrario a lo que se percibe desde el común de las personas está lejos de ser un “peladero” como se le denomina, su flora, abarca un amplio rango de hábitos, que configura variedad de tipologías en las cinco regiones donde actualmente se ubica (Mercado-Gómez, 2016). La configuración general está compuesta por un estrato inferior, “rastrojo” donde es frecuente encontrar especies como: *Cecropia angustifolia*, *Crescentia cujete*, *Anacardium excelsum*, *Myrsine guianensis*, *Cecropia peltata*,

*Melicoccus bijugatus*, *Xylopia aromatica*, *Didymopanax morototoni*, *Clusia multiflora*, *Clusia alata*, *Cybianthus poeppigii*, *Erythrina poeppigiana* y *Cedrela odorata* (Rojas, 2013). Por otra parte, el IAvH (2019), reporta en análisis realizados sobre la distribución y estado de conservación de bosque secundarios, la presencia frecuente de especies como: *Hura crepitans* y *Tabebuia rosea*, características de estas zonas bajas donde las condiciones de oferta ambiental se asocian a xerofíticas, dando lugar a adaptaciones específicas.

Con respecto al estado sucesional, los reportes indican que las especies más representativas son: *Astronium graveolens*, *Bromelia pinguin*, *Aspidosperma polyneuron*. Para la región sur y nororiente de Colombia identifican en estados de sucesión los géneros *Eugenia*, *Guazuma* y *Rhynchospora* (Avella et al., 2019; Pardo y Moreno, 2018). De esta forma se entiende la dimensión ecológica y ambiental del ecosistema en el sotobosque, la presencia de estos géneros, evidencia la complejidad y alto grado de relevancia dentro del equilibrio natural, sobre el cual es necesario ampliar el conocimiento para implementar a futuro acciones de gestión (Torres et al., 2012). Así mismo, la variación entre comunidades es alta, por la disimilitud de las especies que las conforman, y con ello se ha logrado dar valoración ambiental al estado de este ecosistema con respecto al valor social, económico y ecológico, en una visión tendiente a un aprovechamiento integral (Padilla y Lara, 2017).

### **3.1.2 Suelos tropicales**

El suelo como recurso natural es definido desde múltiples visiones, su uso es el punto de referencia para establecer un concepto específico del mismo, en este sentido, es común definirlo como un importante medio físico para el soporte, establecimiento y conservación de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Van Miegroet & Johnson, 2009). El proceso natural que materializa su presencia se denomina meteorización, entendida como la modificación del material parental por acción de procesos físicos, químicos y biológicos (Aristizábal et al., 2011). Thompson & Troeh (2017), lo definen como la desintegración de la roca madre, proceso en el que igualmente intervienen factores como el clima, los organismos, relieve y el tiempo. Jaramillo (2018), describe los suelos tropicales como material edáfico con presencia baja de regulación hídrica, debido a sus altas condiciones de pendiente y presencia de formaciones rocosas generalmente compuestas por arenas, gravillas y bloques.

Según Jaramillo (2002) existen cinco factores principales que influyen en la formación del suelo: clima, material parental, relieve, microorganismos, tiempo, son variables que definen y configuran las tipologías edáficas presentes en los territorios. Los suelos aportan gran variedad de bienes y servicios, conforman el espacio físico natural donde la flora y la fauna habita, crece y se desarrolla. Según Aparicio (2015), se trata de un recurso natural no renovable en términos de la existencia humana, este enfoque reconoce el amplio margen de escalas temporales entre el recurso, y quienes de forma constante ejecutan su uso y aprovechamiento.

La formación del suelo en los ambientes tropicales está ligada a la manera en que los patrones hídricos se expresan, a la variación que sufre la roca madre producto de las interacciones con el ambiente (Wadsworth, 2000). En el caso de los ecosistemas secos tropicales, se identifican suelos con bajos contenidos de materia orgánica, altas concentraciones de sales (Ulloa, 2016), condiciones que influyen en los patrones de adaptación de las especies de fauna y flora que los habitan, las cuales han logrado modificar sus condiciones de vida y desarrollo en función de aspectos como condiciones atmosféricas, brillo solar, temperatura y humedad relativa específica.

La forma en que los elementos de clima se presentan, hace que la meteorización física sea mayor en estas zonas respecto de la química, típica de condiciones húmedas dominantes (Kramer, 1989). Según sus características, es poca la presencia de hojarasca, factor determinante para disminuir los procesos de erosión, ya que esta cumple una función de amortiguación y minimiza los procesos degradacionales (Acevedo et al., 2016). Se reconocen los bajos aportes de hojarasca que tiene el suelo del bosque seco, razón por la que su conservación se hace relevante para garantizar la presencia de las especies de flora que determinan y tipifican el ecosistema (Jaramillo, 2002).

Los suelos de áreas secas tropicales modifican sus características físico químicas y biológicas fácilmente, producto de la intervención antrópica que allí se presenta y ocurre de manera puntual, debido a la alta fertilidad y productividad que se les atribuye (Peña et al., 2013). La fertilidad, se origina en gran medida por los procesos que dan lugar en temporadas con bajas precipitaciones, donde no es común evidenciar el arrastre de los nutrientes que componen su estructura, la cual se origina gracias a factores climáticos, a la biota edáfica y otros organismos presentes en el recurso suelo, permitiéndole conservar así sus propiedades y características

pedogenéticas, que de cierta forma son limitantes, cuando se habla del establecimiento y desarrollo de las coberturas vegetales (Díaz, 2006).

### ***3.1.3 Actividad antrópica***

La actividad antrópica hace referencia a cualquier acción realizada por el hombre en un espacio determinado de la biosfera, desde una perspectiva socioeconómica que genera escenarios diferentes, y que, directa e indirectamente llevan a la contaminación o destrucción de hábitats (Bergadá,1997). Actividades como la agricultura, deforestación, pesca y la mayoría de las emisiones de gases de dióxido de carbono a la atmósfera, son actividades que requieren un buen manejo ambiental que garantice menores riesgos de vulnerabilidad (Durán, 2017). La mayor amenaza existente sobre la extensión y condición de los bosques es su pérdida acelerada a través de procesos de fragmentación, empobrecimiento y conversión hacia usos no forestales de la tierra (Hernández et al., 2005). Por otra parte, las variaciones de la biodiversidad en un lugar determinado, afectan la capacidad de producción y suministro de servicios ecosistémicos, influyen en la posibilidad de recuperación frente a una perturbación, dado que cada especie reacciona de manera diferente y se comporta de acuerdo con su necesidad e interacción en el medio (Duarte et al., 2006).

Los hábitats pueden presentar alteraciones como respuesta a la actividad antrópica, es decir, aquellos ecosistemas que presentan mayores interacciones entre sí, y a su vez tienen áreas significativas, suelen verse menos afectados por los procesos de fragmentación; a diferencia de los relictos que presentan extensiones de menor área, y además de esto no existe conexión biológica entre ellos, son severamente vulnerables, pues por lo general mantienen poblaciones pequeñas, y así mismo, a medida que el tamaño del relicto disminuye tiende a volverse más débil y por ende a desaparecer (Botero, 2015). El impacto ocasionado por las perturbaciones afecta poblaciones de animales que viven o se asocian a estas áreas, además de afectar el paisaje y el suelo, también alteran el recurso hídrico.

El suelo es uno de los recursos naturales que presenta constante degradación, esta viene dándose mediante la expansión de áreas con fines agrícolas y pecuarios; el desgaste se da principalmente por la implementación de monocultivos, uso excesivo de fertilizantes, insecticidas, herbicidas y técnicas de riego inadecuadas, lo que causa baja fertilidad natural y

erosión (Velázquez et al., 2020), que se ve reflejado en las bajas tasas de producción, y aumento de inversiones en las cosechas (Reyes, 2001). Los GEI, son producto de las actividades humanas y ganaderas, según Maqueda et al. (2005), las principales fuentes de emisiones de GEI producto de la actividad agrícola, son: fermentación entérica, gestión de estiércol, cultivo de arroz, suelos agrícolas, quemas planificadas de sabanas y quema en campo de residuos agrícolas, este tipo de prácticas ha conducido a cambios en el clima.

### ***3.1.4 Gestión forestal sostenible***

Reque et al. (2007) consideran importante para la definición de gestión sostenible, el grado de compatibilidad de usos silvopastoriles y forestales con relación a la capacidad de reproducción, germinación y crecimiento del material vegetal, pues la regeneración natural es clave para el mantenimiento de la diversidad en los bosques, de igual forma FAO (2020), consideraron importante el óptimo estado, constante mejoramiento y mantenimiento de la masa boscosa, que conduce a su uso racional y planificado. Parte de la población mundial, está tomando conciencia de la situación actual del planeta, la necesidad de implementar el manejo forestal sostenible, que brinde equilibrio social, ambiental y económicamente se considere favorable (Aranda et al., 2009). Como punto de partida, es indispensable conocer la situación actual de las coberturas boscosas, y de este modo determinar el uso actual que se le atribuye a los bosques, para identificar cuáles son los factores limitantes al momento de ejecutar un manejo forestal sostenible, de esto depende que las masas boscosas conserven los servicios que actualmente brindan a las comunidades (Castillo et al., 2004).

Mantener el equilibrio en el bosque, involucra relación entre fauna, flora y material edáfico, teniendo en cuenta los procesos naturales por los que pasa cada uno de estos, es necesario conocer el ecosistema para no interferir dentro de las dinámicas productivas de generaciones futuras (Sanchún et al., 2016). De igual forma, el manejo forestal sostenible busca brindar un equilibrio al bosque y a las comunidades que lo habitan, de manera que se haga uso y aprovechamiento de la biodiversidad y se garantice el abastecimiento de los productos maderables y no maderables demandados. Un instrumento útil en la gestión forestal sostenible es la restauración, pues esta implica restablecer el ecosistema degradado en términos de estructura, funcionamiento y composición, a una condición semejante a la que presentaba antes de sufrir

perturbaciones, por ende, pretende generar un hábitat auto – sostenible (Moncada et al., 2020), es decir, que existe un equilibrio dentro del mismo, mantiene sus ciclos para satisfacer a cada uno de sus integrantes. Otra herramienta importante es la implementación de prácticas socio-ambientales, en general son actividades orientadas a disminuir los daños ambientales producto del desarrollo de procesos productivos.

### **3.2 Marco conceptual**

#### ***Calidad del suelo***

El uso o la capacidad del recurso suelo para un propósito específico. En la antigüedad esta terminología estaba asociada a la producción agrícola, suelos con buena calidad, garantiza máxima producción y mínima erosión (Doran & Parkin, 1994).

#### ***Conservación:***

Es la conservación in situ de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su entorno natural y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas. La conservación in situ hace referencia a la preservación, restauración, uso sostenible y conocimiento de la biodiversidad (Pezoa, 2001).

#### ***Cobertura de la tierra:***

Es la cubierta biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra, Di Gregorio y Jansen (2005), afirma que no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también incluye otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua. Es la unidad delimitable que surge a partir de un análisis de respuestas espectrales determinadas por sus características fisionómicas y ambientales, diferenciables con respecto a la unidad próxima.

#### ***Cultivo***

Arreglo espacio-temporal donde se dispone una especie vegetal de interés antrópico para aprovechamiento con fines alimenticios, medicinales, energéticos o estéticos; aprovechables directamente o mediante algún grado de transformación; para obtener dichos alimentos/productos se le dispensan cuidados y atención derivados de las ciencias agrícolas, ambientales y administrativas entre otras; éstas de acuerdo a sus características específicas (De Petre et al., 2012).

### ***Degradación edáfica***

La degradación de los suelos se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicos y ambientales de los suelos, ocasionada por factores y procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (López, 2002).

### ***Edafología***

Ciencia que estudia la naturaleza y propiedades de los suelos con relación a la producción vegetal. Proviene del griego "edaphos" suelo y "logos" tratado. En general se toma como sinónimo de pedología, pero la diferencia entre pedón y edafón es que en el primero es el suelo en el sentido de piso y en el segundo suelo que se cultiva (López, 2005).

### ***Erosión***

La erosión de los suelos se define como la pérdida del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos (Lal, 2001). La erosión es un proceso natural; sin embargo, esta se califica como degradación cuando se presentan actividades antrópicas no sostenibles que aceleran, intensifican y magnifican el proceso.

### ***Horizonte del suelo***

De Petre et al. (2012), define los horizontes del suelo como franjas paralelas donde se presentan características físicas, químicas y biológicas específicas del suelo, son empleadas para caracterización y zonificación del recurso natural, a su vez cada horizonte presenta diversas

características, las cuales se determinan por los factores formadores del suelo Horizonte A: Gracias a que posee una gran concentración de elementos biológicos, es el horizonte que posee mayor porcentaje de materia orgánica en su estructura.

Horizonte B: En este horizonte se acumula la mayor proporción de las sustancias que son removidas en el horizonte A, las cuales pueden ser: arcilla, óxidos de hierro y humus.

Horizonte C: Material mineral, relativamente inalterado, no consolidado y sin estructura

### ***Patrimonio forestal***

Cantidad de área en bosques presente en un territorio (Molina, 2003).

### ***Procesos pedogenéticos***

Conjunto de procesos que definen las características propias del suelo, expresadas en los horizontes que este presenta (De Petre et al., 2012).

### ***Propiedad biológica***

Conjunto de características que expresan la cantidad o relación de la biota edáfica presente en el recurso natural (Calderón et al., 2018).

### ***Propiedad física***

Expresan el comportamiento mecánico del suelo referente a las fuerzas que actúan sobre él (Calderón et al., 2018).

### ***Propiedad química***

Las propiedades químicas son aquellas que pueden observarse o medirse a partir de cambios químicos que ocurren en el suelo. Estas propiedades describen el comportamiento de los elementos, sustancias y componentes que integran el suelo (Velázquez et al., 2020).

### ***Relieve.***

Redistribución de la masa y la energía de la corteza terrestre (López, 1999).

### *Servicios ecosistémicos*

Corresponde a todos aquellos aportes que hacen los ecosistemas y el medio ambiente, que permiten la supervivencia de las poblaciones ya que suministran los productos mínimos para una adecuada calidad de vida (Balvanera y Cotler, 2007).

### *Suelo rural*

Tipo de suelo no apto para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, pesqueros, acuícolas y actividades análogas. Incluye el suelo suburbano en el que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a las clasificadas como áreas de expansión urbana, que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad, garantizando el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios (Jiménez, 2018).

### *Uso del suelo:*

La transformación y/o utilización que hace el hombre a una cobertura de la tierra con funcionalidad económica, social y ambiental, que se puede enmarcar dentro los contextos: agrícola, pecuario, natural, protección y conservación de una cobertura (Rodríguez et al., 2010)

### *Uso sostenible*

Utilizar los componentes de la biodiversidad de un modo y a un ritmo que no ocasione su disminución o degradación a largo plazo alterando los atributos básicos de composición, estructura y función, con lo cual se mantienen las posibilidades de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras (García, 2011).

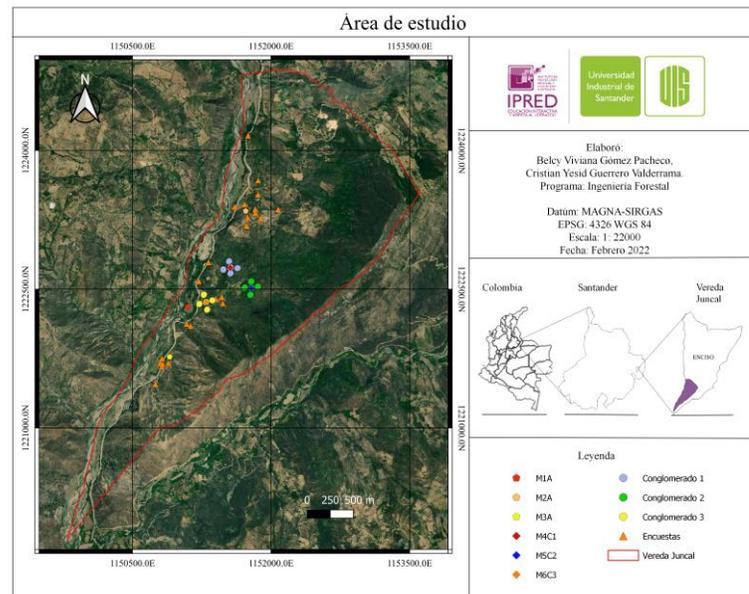
## 4. Metodología.

### 4.1 Ubicación

El área objeto de estudio se encuentra ubicada en la vereda Juncal, municipio de Enciso, provincia García Rovira, Santander, Colombia. Está, localizada a  $6^{\circ}36'16''$  N,  $72^{\circ}42'30''$  W, sobre 1215 metros de altitud, 1300 mm promedio anual de precipitación, y temperatura media  $25^{\circ}\text{C}$ . El trabajo de campo se desarrolló en seis fincas con diferentes usos de suelo, tres de ellas con áreas en uso agrícola ( $M_1A$ , rastrojo de cultivo de tomate y melón;  $M_2A$ , mono cultivo de mango y  $M_3A$ , policultivo de mango, plátano, yuca, mamón, sábila y guayaba). Los tres restantes puntos de muestreo corresponden a suelo de uso forestal bajo diferentes niveles de intervención antrópica ( $C_1M_4$ , por caprinos;  $C_2M_5$ , baja intervención, y  $C_3M_6$ , por vía secundaria rural). La selección de puntos específicos de muestreo, se llevó a cabo de acuerdo con los objetivos de investigación.

### Figura 1

#### Mapa de ubicación



Nota: Ubicación muestreo de suelo, conglomerados de bosque y población encuestada. Elaboración en software Qgis versión 3. 18, capa de satélite Bing.

#### **4.2 Relación de uso de suelo y relictos de bosque**

Etapa inicial del trabajo que buscó establecer la relación entre el uso del suelo, los relictos de bosque y las comunidades de la vereda Juncal. Su construcción, se realizó mediante la aplicación de un instrumento de campo tipo encuesta, técnica, que permite la recolección de información primaria de forma ordenada para este tipo de estudios, donde se integra la opinión de comunidades campesinas, en aspectos propios de las actividades productivas rurales a nivel social, económico, ambiental, técnico y forestal (Montes, 2000). Las preguntas, fueron estructuradas empleando la escala de Likert, para reducir el grado de subjetividad en la respuesta aportada por el encuestado. Su elaboración, tuvo como referente el enfoque de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe planteado por Quiroga (2009), cuya base, es el desarrollo e implementación de buenas prácticas socioecológicas y ambientales en áreas rurales.

El instrumento se aplicó a una muestra representativa de la población definida como el total de familias que habitan la vereda, previa consulta realizada al presidente de la Junta de Acción Comunal. Igualmente, esta información base fue corroborada en la oficina de planeación del municipio de Enciso, según censo realizado por la administración. La información aportada, arrojó una población de 36 familias para una muestra de 24, estimada según la ecuación propuesta por Sampieri (2014) para poblaciones finitas, ecuación 1 (Apéndice A). Los resultados generados, fueron analizados tomando como base los criterios de sostenibilidad para contextos rurales propuestos por Oviedo y Castro (2021). Estos, se clasificaron y puntuaron en tres rangos, así: 1 valorado como malo, 2 regular y 3 bueno.

**Tabla 1***Criterios de sostenibilidad, relación uso del suelo y relictos de bosque*

<b>Criterio</b>	<b>Alcance</b>
<b>Social</b>	
Tenencia de la tierra	Propiedad sobre la finca
Grado de escolaridad	Nivel de estudio realizado
Vinculación familiar	Trabajo de miembros en la finca
Uso de combustible	Tipo de combustible para cocción de alimentos
<b>Económico</b>	
Pago de salarios	Reconocimiento económico por labores
Cooperación veredal	Colaboración entre propietarios de la vereda
Rentabilidad económica	Ingresos por ha cultivada
Precios de venta	Valor recibido por comercialización
Diversificación de ingresos	Usos de suelo variado en la finca de tipo productivo
<b>Ambiental</b>	
Área en bosque	Extensión de área forestal en la finca
Cuidado del agua	Protección fuentes hídricas
Manejo de aguas y residuos sólidos	Tratamiento de aguas vertidas y residuos generados
Protección fauna silvestre	Cuidado fauna en la finca
Cuidado del bosque	Protección de áreas naturales forestales
<b>Técnico</b>	
Extensión de uso	Área empleada para actividades productivas
Densidad de siembra	Número de plantas por ha
Asistencia técnica	Acompañamiento técnico especializado
Manejo de registros	Gestión documento actividad productiva
Uso de agroquímicos	Aplicación de productos químicos a cultivos

**4.3 Determinación estado de conservación en suelo y relictos de bosque seco**

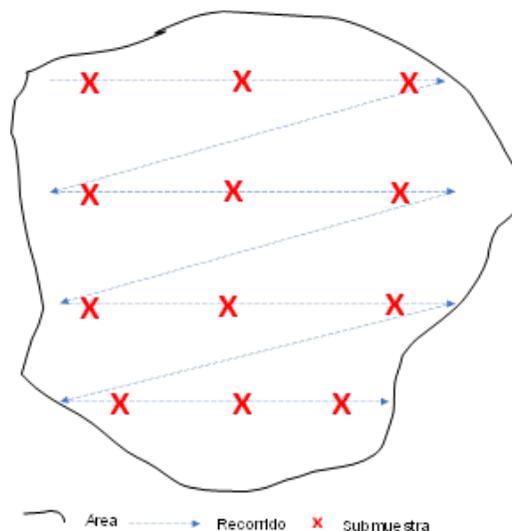
Segunda etapa del proyecto, cuyo alcance se orientó a conocer el estado de conservación del suelo y los relictos de bosque en la vereda Juncal, respecto a la intervención antrópica. Por el carácter exploratorio del estudio, las áreas objeto de muestreo, se seleccionaron teniendo en cuenta la evidencia de algún grado de intervención antrópica tanto para el suelo como para los relictos de bosque.

#### 4.2.1 Muestreo de Suelo

Para el proyecto, se empleó el sistema de muestreo propuesto por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], (2018). Este, define recorridos en zigzag en un área específica. Para el estudio, se seleccionó una ha teniendo en cuenta aspectos como homogeneidad en las características de relieve, topografía y cobertura, a fin de reducir el sesgo estadístico entre unidades (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 1999) (figura 2). Los puntos de muestreo se ubicaron en predios que tradicionalmente se han intervenido con cultivos agrícolas.

**Figura 2**

*Sistema de muestreo edáfico*



*Nota:* Sistema de muestreo para suelo. Adaptado de (CAR, 2018).

#### ***4.2.2 Unidad de muestreo***

Se definieron como unidades de muestreo los sitios seleccionados para la toma de muestras de suelo. Estos corresponden a seis muestras compuestas, conformadas para el caso de los tres usos agrícolas por 45 submuestras, que pesaron un kg cada una y fueron extraídas con barreno, a una profundidad de 30 cm. El proceso metodológico fue el descrito en el numeral 4.2.1. Las submuestras fueron homogenizadas, etiquetadas y empacadas. Se evitó la toma de submuestras en los bordes del área para reducir el sesgo de muestreo, que conduce a errores en los resultados finales (FAO, 2009). Las muestras, fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga, Colombia, acreditado bajo la norma NTC ISO IEC 17025:2005. Los parámetros físicos y químicos obtenidos de cada muestra se relacionan en el Apéndice B

#### ***4.2.3 Parámetros edáficos***

Los parámetros del suelo para establecer el grado de conservación, se relacionan a continuación. Su selección se hizo tomando como referente la propuesta de Aguirre et al. (2018). De igual forma, fueron incluidos otros que a criterio de los autores son considerados relevantes para este tipo de estudios (Apéndice B). Como parámetro biológico, solo se tuvo en cuenta el conteo de biota edáfica que incluye artrópodos y quilópodos, según el proceso metodológico propuesto por USDA (1999).

#### ***4.2.4 Muestreo relictos de bosque***

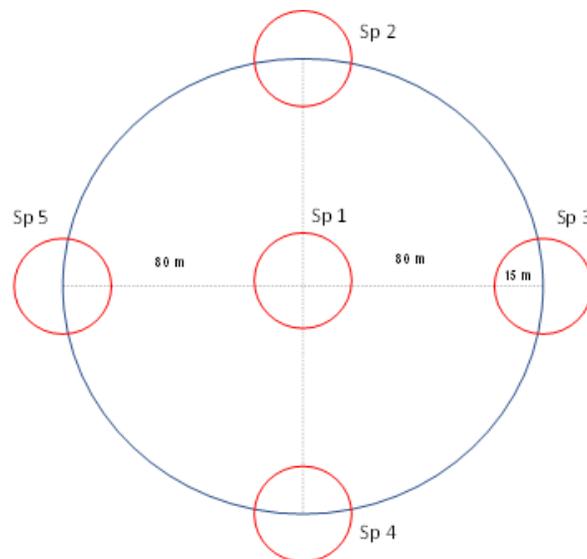
El muestreo en relictos de bosque se desarrolló tomando en cuenta la metodología de Inventario Forestal Nacional (IDEAM, 2018). Se establecieron tres conglomerados ubicados bajo tres escenarios de intervención antrópica (caprinos, baja intervención y caminos y vía secundaria rural)

#### 4.2.5 Unidad de muestreo

Se definió como unidad de muestreo un conglomerado de 3,535 m<sup>2</sup>, conformado por cinco subparcelas circulares en forma de cruz de 15 m de radio cada una y distancia de 80 m entre los centros (IDEAM, 2018), Figura 3.

### Figura 3

*Conglomerado muestreo relictos de bosque*



Nota: Esquema unidad y sistema de muestreo relicto de bosque. Tomado de IDEAM (2018).

En cada una de las subparcelas que conforman el conglomerado, se establecieron cuatro categorías diamétricas en función de los individuos presentes. Los denominados brinzales localizados en el estrato inferior o sotobosque fueron registrados en un área circular de 1,5 m de radio, ubicada a una distancia de 7,5 m y 45° del centro de la subparcela; se tuvieron en cuenta valores de DAP < 2,5 cm y altura  $\geq 0,3$  m. Los latizales fueron medidos en áreas circulares con radio de 3 m, los valores para esta categoría son  $9,9 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 2,5 \text{ cm}$ . Los fustales fueron medidos en un área circular de 7 m de radio, los individuos para esta categoría fueron aquellos con  $30 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 10 \text{ cm}$ , finalmente los fustales grandes se midieron en el área total de la subparcela, es decir, individuos con  $\text{DAP} \geq 30 \text{ cm}$ . Los datos obtenidos, permitieron el análisis de estructura horizontal y vertical. Así mismo, se calcularon los índices de Alfa diversidad:

Shannon y Margalef, a partir de los cuales se estableció la riqueza florística de cada conglomerado, (Mostacedo & Fredericksen, 2000; y Moreno, 2001).

#### ***4.2.6 Muestreo de suelo forestal***

Para el muestro del suelo en los relictos de bosque, se empleó el sistema planteado por IDEAM (2018), en el manual de campo de Inventario Forestal Nacional de Colombia. Las muestras de suelo, se tomaron a dos m de distancia con un azimut de 45° desde el centro de la subparcela No 1. La excavación se realizó con un palín en una dimensión de 30 x 30 x 30 cm, con previa limpieza del área, se tomó una muestra por conglomerado.

#### **4.4 Métodos y análisis calidad del suelo**

El análisis estadístico inicial fue de tipo descriptivo. Este, aportó información cuantitativa para describir la relación entre los usos del suelo y las actividades antrópicas desde las dimensiones ambiental, social, económica y técnica. Posteriormente, para comprender las relaciones entre las variables, reducir su número y analizar el fenómeno objeto de estudio de forma simplificada, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) de tipo exploratorio a las muestras de suelo (Lozares y López, 1991).

Seguido, se llevó a cabo una prueba de significancia de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0,05$ ), para datos no paramétricos, con el objeto de probar si el conjunto de datos tiene como origen la misma población (Conover, 1999). De igual forma, se aplicó la prueba ANOVA ( $p \leq 0,05$ ), para soportar la variabilidad de los resultados y contrastarla con la prueba no paramétrica. Estas seleccionaron los indicadores con mayor grado de significancia, que fueron tomados para conformar el Conjunto Mínimo de Datos (CMD). La base inicial de indicadores fue 15, de los cuales siete presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) y fueron nuevamente sometidos a un ACP; para categorizar cada variable según sus valores propios. Los análisis se desarrollaron en el programa estadístico Rstudio versión 4.1.2. Se clasificaron en dos categorías, a partir de la propuesta de Wymore (1993), quien los denomina como “más es mejor” y “menos es mejor”.

Luego, se procedió a tomar el valor más bajo o alto según la categoría del indicador, y dividirlo por el valor más alto o bajo de cada uno de los indicadores, para obtener, el mejor

indicador dentro de los usos, con valores de uno y el menor de cero. Para establecer el grado de conservación, se empleó la metodología de Cantú et al. (2007) correspondiente al cálculo de un Índice de Calidad del Suelo (ICS). Se normalizaron los datos con el uso de la ecuación 2 (Apéndice A); en los indicadores categorizados como “más es mejor”. Para los categorizados como “menos es mejor” se empleó la ecuación 3 (Apéndice A). Finalmente, se calculó ICS como promedio de los valores normalizados de todos los indicadores, los cuales se clasificaron de acuerdo con la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Clases Índice de Calidad del Suelo (ICS)*

<b>Categoría de calidad</b>	<b>Escala</b>
Muy alta calidad	0,80 – 1,00
Alta calidad	0,60 – 0,79
Moderada calidad	0,40 – 0,59
Baja calidad	0,20 – 0,39
Muy baja calidad	0,00 – 0,19

Nota: Tomada de Cantú et al. (2007).

#### **4.5 Métodos y análisis conservación del bosque**

El análisis de los datos se dividió en cuatro fases. La primera, generó información dasométrica correspondiente al área basal total ( $m^2/ha$ ) y volumen total ( $m^3/ha$ ). Se empleó un factor de forma de 0,65, como lo sugieren Cifuentes y Aymerich (2017). En la segunda se cuantificaron los índices de estructura horizontal y vertical de cada conglomerado (CG). Para la estructura horizontal de las categorías fustales y fustales grandes se calculó abundancia, frecuencia y dominancia relativas y con ellas se obtuvo el índice de valor de importancia simplificado (IVIS) o el peso ecológico de cada una de las especies. Para la regeneración natural temprana (brinzales y latizales) se calculó la abundancia y frecuencia relativas. Así mismo, a través del cociente de mezcla, se calculó el grado de homogeneidad o heterogeneidad por unidad de muestreo para las categorías empleadas.

La estructura vertical de todas las categorías diamétricas se calculó teniendo en cuenta el valor fitosociológico por estrato y por especie, posteriormente se obtuvo la posición sociológica absoluta y relativa por especie que permitió describir y analizar la distribución de las especies en sentido vertical (Linares, 2015). Por último, se calculó el índice de valor de importancia ampliado (IVIA), que permitió analizar integralmente la importancia ecológica de las especies en todas las categorías diamétricas, al combinar la estructura horizontal, vertical y la estructura de la regeneración natural, su estimación permitió calcular el índice de valor de importancia, la posición sociológica relativa de los fustales y la regeneración natural relativa que en su conjunto tomaron un valor máximo de 500 (Linares, 2015; Michela y Juárez, 2016). En la tercera fase se calcularon los índices de alfa diversidad: Margalef y Shannon-Wiener, (Moreno, 2001).

Finalmente, para estimar el estado de conservación de los relictos de bosque objeto de estudio, se hizo una adaptación a la metodología propuesta por el centro informático de geomática ambiental [CINFA], (2006) y Duarte y Avella (2019), con la realización de un análisis multicriterial, a partir de la selección de siete indicadores que coincidieron con el mismo número evaluado para la definición del índice de calidad de suelo. En cada indicador se evaluaron cuatro verificadores que permitieron calificar el estado actual de cada relicto de bosque estudiado. En total se analizaron 28 verificadores, a su vez a cada uno se le dio una valoración comprendida entre 1 y 3, donde 1 corresponde a un estado malo del verificador, 2 a un estado regular y 3 se refiere a un estado bueno.

**Tabla 3**

*Indicadores y verificadores empleados para estimar la conservación en cada conglomerado.*

<b>Indicador</b>	<b>Verificador</b>
Estructura del conglomerado	Presencia estratos en la vegetación actual
	Índice valor de importancia ampliado
	Homogeneidad del bosque
	Regeneración natural
Composición florística	Presencia de especies nativas
	Presencia de especies invasoras
	Grado de amenaza de las especies
	Riqueza florística específica
Manejo sostenible del bosque	Producción de bosque nativo (abundancia especies maderables)
	Provisión de servicios ecosistémicos
	Producción de bosque nativo (diversidad de especies)

	maderables) Agentes tensionantes del bosque
Población asociada	No de personas dependientes directamente del conglomerado Presencia de actividades económicas diferentes al uso del bosque Presencia de caminos que se transitan indiscriminadamente dentro del conglomerado Presencia de personas que hacen extracción esporádica de productos y subproductos del conglomerado del bosque
Matriz del conglomerado y su entorno	Cultivos y pastos en la zona de amortiguamiento Presencia de áreas degradadas circundantes al conglomerado Presencia de afloramientos rocosos en el conglomerado Presencia de áreas deforestadas en el área circundante al conglomerado
Presencia de fuentes de agua en el relicto y su área aledaña (1km)	Presencia de nacimientos de agua Presencia de corrientes de agua Estacionalidad de agua en quebradas Estacionalidad de agua en nacimientos
Problemática socio- ambiental	Conflicto por actividad de minería Conflicto por uso agropecuario Conflicto por disponibilidad del recurso hídrico Conflicto por tenencia de la tierra

Nota: Adaptado de CINFA (2006)

En la matriz de evaluación, se integraron los valores correspondientes a la importancia del indicador junto con la valoración identificada en campo propuestos por (CINFA, 2006), debido a que estos se evaluaron de manera cuantitativa y cualitativa al depurar la batería de datos, de tal forma que las ponderaciones de los componentes mencionados se llevaron a cabo al final del procedimiento.

Por último, al homogenizar los datos se establece que el estado ideal del bosque se refleja en una valoración de 84 puntos, este es el valor máximo que se puede obtener al hacer el cálculo final, lo cual indica un bosque conservado al 100% (estado ideal). En este sentido, se relacionan los valores obtenidos para cada conglomerado y se califica su estado de conservación actual. Se establecieron tres rangos respectivamente, los cuales definen si el relicto de bosque obtuvo una valoración que se encuentra entre el 0,00 y el 33,3% con respecto del estado ideal, se considera un relicto de bosque con bajo grado de conservación (malo), si se sitúa entre 33,4 y 66,6%, el relicto presenta un estado regular, y cuando el rango va de 66,7 hasta 100% las condiciones se definen como buenas (buen estado de conservación), ver Tabla 4.

**Tabla 4**

*Rangos de calificación para el estado de conservación del bosque.*

Rango (%)	Calificación
0-33,3	Malo
33,4-66,6	Regular
66,7-100	Bueno

Nota: Adaptado de CINFA (2006).

#### **4.6 Evaluación de la intervención antrópica respecto al estado del suelo y bosque**

Etapas finales del proyecto, que permitió evaluar la relación de la intervención antrópica, en función de las condiciones de uso del suelo y los relictos de bosque. Se llevó a cabo, a partir de los 14 indicadores obtenidos del producto dos del trabajo para suelo y relictos de bosque. Estos fueron escalados en un rango de uno a menos uno, tomando como base el valor propio de cada uno de ellos, luego, se llevó a cabo una correlación de Pearson, para evaluar la relación entre indicadores, el procesamiento estadístico se llevó a cabo en el programa Rstudio versión 4.1.2.

### **5. Resultados**

A continuación, se presentan los productos generados del desarrollo metodológico propuesto para el estudio. Su estructura, mantiene coherencia con los objetivos específicos definidos como alcance de este.

#### **5.1 Relación de uso del suelo, relictos de bosque y comunidades.**

La relación de interacción generada por el uso del suelo, los relictos de bosque, y las comunidades en la zona de estudio, tiene como parámetros de segmentación y análisis los pilares social, económico y ambiental de la sostenibilidad. De igual forma, el estudio incluye los aspectos técnicos propios de las actividades rurales desarrolladas. A nivel social, y respecto a

tenencia de la tierra; el 50 % de los hogares poseen titularidad sobre los predios en que viven, ver figura 4. Un 29,1% de las familias habitan en calidad de vivientes, es decir, reciben algún tipo de remuneración producto de acuerdos previos con el propietario. Por último, se hallaron familias que habitan bajo la modalidad de arriendo, en este caso, se paga un valor anticipado por uso del suelo durante un tiempo igualmente establecido con anterioridad, esta categoría representa el 20,8%. La extensión de los predios en términos generales se clasifica como minifundios. De estos, el 88% presentan áreas entre uno a cinco ha, y el restante 12% se distribuye en fincas cuya extensión varía en un rango de cinco a 10 ha. Respecto de las familias, el 54,2% de los núcleos familiares en la vereda Juncal, corresponde a hogares conformados por padre, madre y 4 hijos. Un 12,5% de los núcleos, son familias de padres y más de cuatro hijos. El restante 33,3%, lo integran hogares conformados por personas solas, y estructuras familiares diferentes al patrón normal (padres e hijos); donde conviven abuelos, nietos, tíos e hijos entre otros.

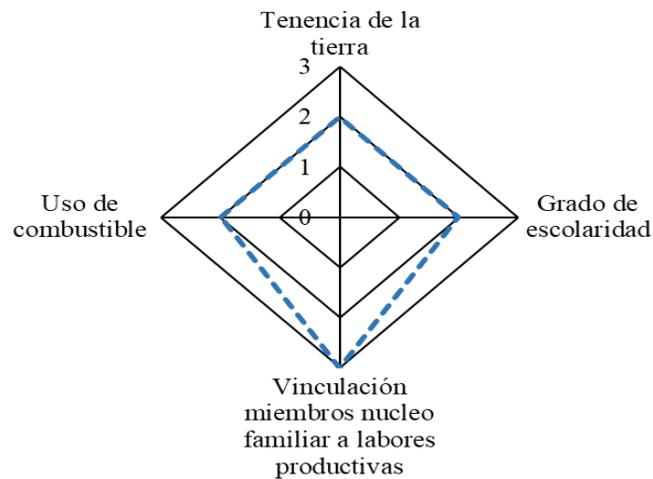
Según el grado de escolaridad, el 77,6% de los habitantes; han cursado o están en curso de estudios en formación básica primaria y secundaria. El acceso a niveles de formación profesional (técnica y universitaria) es muy bajo y solo el 8,2% de la muestra ha tenido esta posibilidad de educación. El restante 14,3% no cuenta con formación académica en ningún nivel. En cuanto a la vinculación de los miembros como mano de obra en las fincas, la mayoría de los habitantes, considera que es necesaria y fundamental para el sostenimiento de la familia, y la estabilidad en términos de rentabilidad y productividad de los cultivos. Una minoría de los hogares encuestados, indica que la mano de obra no es aportada por los miembros de la familia, es en su totalidad externa. Para la condición específica del estudio, los hijos varones, realizan en su gran mayoría la totalidad de las labores que requiere el o los usos del suelo, como: siembra, plateo, abonado, recolección, secado y manejo del ganado. Por otra parte, el papel de las mujeres es diferente, ya que, sus labores están enfocadas hacia los cuidados y apoyos requeridos en el hogar. Lo anterior implica, la preparación de alimentos, mantenimiento de huertas caseras como las más comunes. Sin embargo, las mujeres en algunas situaciones y momentos participan igualmente de las labores agropecuarias.

En cuanto a las actividades productivas, el 83% de los hogares las desarrollan de forma diversificada. Es decir, combinan el uso del suelo para agricultura o ganadería. El restante 17%, depende de un único sustento como base de ingreso. Bajo este contexto, el sistema de producción más común es el tradicional implementado en el 95,8% de las fincas, lo que implica una reducida

inversión en tecnología y tan solo, el 4,2% cuenta con tecnologías o sistemas agropecuarios tecnificados, que sustituyen algunas prácticas agrícolas ancestrales y empíricas, ver figura 4.

#### Figura 4

##### *Relación social*



Nota: valor número tres indica un comportamiento óptimo de la variable explicada, cero indica un bajo comportamiento de la variable.

#### **5.1.1 Aspecto económico**

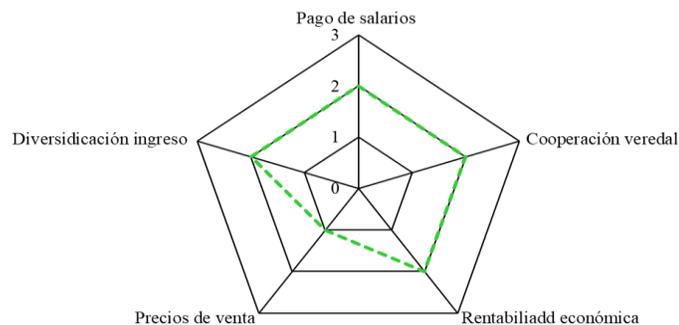
En términos económicos, el eficiente funcionamiento de los sistemas de producción a escala local y de minifundios como los presentes en la zona de estudio, depende, en su gran mayoría de la mano de obra familiar; insumo que soporta el desarrollo de las labores que demanda cada uno de los usos del suelo. En este sentido, la dinámica económica familiar y local, se ve favorecida por la reducción de gastos que genera el pago de jornales. Sin embargo, esta condición solo se presenta en el 58,3% de las fincas; donde no se reconoce el valor de la mano de obra. En contraste, el 41,7% de las fincas si realiza pago a los miembros de la familia que trabajan en jornales. Además, se reconoce por parte de los propietarios, la necesidad constante de contratar personal externo, ya que, los núcleos familiares no pueden en su totalidad cubrir los requerimientos de los cultivos por extensión o tiempos. Esta modalidad, es empleada en un 82,3%. En la vereda son frecuentes los acuerdos de cooperación entre fincas como un

mecanismo que beneficia a todos los productores al permitirles intercambiar mano de obra o herramientas.

A partir de esto, el estudio identificó una perspectiva aceptable del 83% de los productores respecto de la estabilidad económica de sus predios. Reconocen, que sus familias cuentan con los recursos necesarios para cubrir las demandas básicas, sin que esto, implique una solvencia total en términos monetarios. No obstante, el 17% manifiesto la no conformidad con los ingresos que le generan las actividades de uso del suelo que tiene en las fincas. Aunando en esto, coinciden todos los propietarios, que los altos precios de insumos agroquímicos y/o pies de cría necesarios, pueden con el tiempo colocar en riesgo la sostenibilidad de ingresos en sus fincas. De igual forma, reconocen que los precios de venta no siempre son los indicados y tan solo el 18%, expresan satisfacción por el valor recibido durante el proceso de comercialización, ver Figura 5.

### Figura 5

#### *Relación económica*



Nota: valor número tres indica un comportamiento óptimo de la variable explicada, cero indica un bajo comportamiento de la variable.

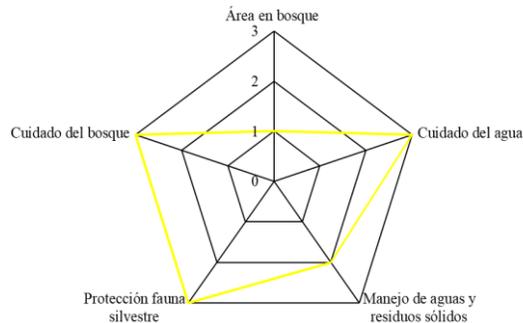
#### **5.1.2 Aspecto ambiental**

El aspecto ambiental como parámetro de segmentación, refleja una tendencia marcada del 75% de los habitantes, hacia la protección y conservación de los relictos de bosque con que cuenta la vereda. Esto, ligado al cuidado de fuentes hídricas ya sea dentro o fuera de los predios,

se hace a través de la siembra de árboles y el cerramiento de nacimientos. El 100% de las fincas, cuenta con suministro del recurso, que una vez es usado como parte del consumo domiciliario, es tratado de forma preliminar en pozo séptico. Sin embargo, las aguas negras generadas son vertidas a cuerpos de agua, o directamente al suelo como un impacto en la calidad de estos recursos naturales. El manejo de residuos sólidos generados en los hogares y actividades productivas es variado. Es permanente en el 79,2% de las fincas, donde se lleva a cabo su reciclaje y el manejo de los materiales orgánicos. Estos últimos, fundamentales para la gestión integral del suelo, por su aporte al equilibrio de los componentes físicos, químicos y biológicos. Por el contrario, el 20,8% no tiene en cuenta estas actividades y dispone los residuos en espacios no adecuados de las fincas y sin ningún tipo de manejo ambiental, situación que afecta el suelo y el entorno ambiental de las fincas, con la producción de lixiviados, propagación de plagas y olores nocivos para la salud.

El manejo post-cosecha de los residuos generados, no tiene un manejo tecnificado. Esta condición se presenta en el 70,8% de las fincas. Los residuos quedan dispersos en área cultivada, donde, las condiciones de oferta ambiental se encargan de la descomposición e incorporación al suelo, para favorecer las dinámicas internas del recurso. Al respecto, el volumen de esta biomasa en la zona no es muy alto, por el tipo de cultivos que son establecidos. El porcentaje restante hace parte de las fincas que emplea este material, para la elaboración de abonos orgánicos o como fuente nutricional complementaria para caprinos entre otros.

Como transversal al aspecto ambiental, se presenta un diagnóstico base sobre la percepción del componente forestal. Este, tendrá un abordaje de mayor detalle en el producto dos del estudio. En términos generales, las comunidades de la vereda tienen conocimiento sobre los relictos de bosque seco con que cuentan. Indican que la extensión aproximada de estos oscila entre 0,5 a 2 ha. Solo el 8,3% de las fincas cuenta con esta cobertura dentro de su área en una extensión mayor a 3 ha. El vínculo entre el bosque y las comunidades, se fundamenta en el cuidado de estos, reconocen su alto valor ambiental, ya que les permite conservar las fuentes de agua y es refugio para las aves y otros animales. En ningún caso, realizan extracciones de madera a gran escala, manifiestan que lo usan como suministro de leña, sin talar los pocos árboles presentes. Sin embargo, este ecosistema presenta una presión constante por la cría no estabulada de caprinos, que se alimentan de su regeneración natural, colocando en riesgo su presencia, ver Figura 6.

**Figura 6***Relación ambiental*

Nota: valor número tres indica un comportamiento óptimo de la variable explicada, cero indica un bajo comportamiento de la variable.

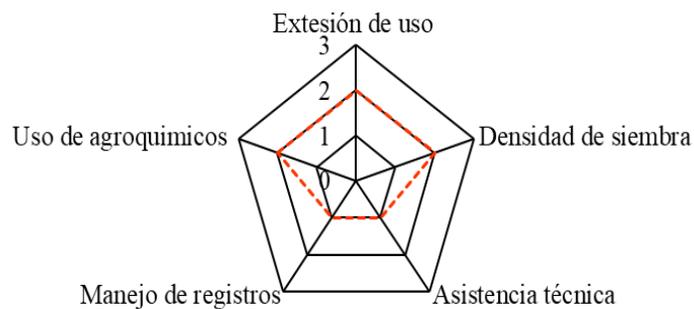
**5.1.3 Componente Técnico**

Finalmente, el componente técnico muestra un contexto de uso del suelo intenso y frecuente. El establecimiento de cultivos se hace en un rango de extensión de uno a tres ha en mayor proporción. Las especies cultivadas son mango, maracuyá, plátano, tomate, melón y yuca. Las densidades de plantación, varían según el cultivo y la especie. En términos generales se maneja un rango entre 1.000 a 5.000 individuos por ha. De igual forma, es clara la dependencia que tienen algunos cultivos de productos agroquímicos para alcanzar los rendimientos óptimos, y al mismo tiempo hacer el control de plagas y enfermedades, estos son empleados en el 78,2% de las fincas. Respecto de las actividades productivas de tipo pecuario, se realizan en un 39,6% con ganado bovino, y un 60,4% con especies menores como aves de corral, caprinos y porcinos. Estas últimas con mayor presencia, debido a sus bajos requerimientos de espacio, y mayor adaptación a las condiciones ambientales. Los tiempos de levante son cortos; lo que genera retornos rápidos a la economía familiar. Aunque son las producciones pecuarias comunes, en ningún caso, estas ni las de tipo agrícola tienen un soporte técnico que permita mejorar sus condiciones. Y en su mayoría se debe a los altos costos de inversión inicial que deben asumir los propietarios. Por último, se evidencia la ausencia en el control y registro de la parte

administrativa en la mayoría de los predios, situación, que compromete la sostenibilidad de las fincas y las actividades productivas. Así mismo, la vereda no cuenta con un programa de asistencia técnica, que les permita a los cultivadores, comprender las necesidades técnicas de sus predios como empresas rurales, ver Figura 7.

### Figura 7

#### *Relación técnica*



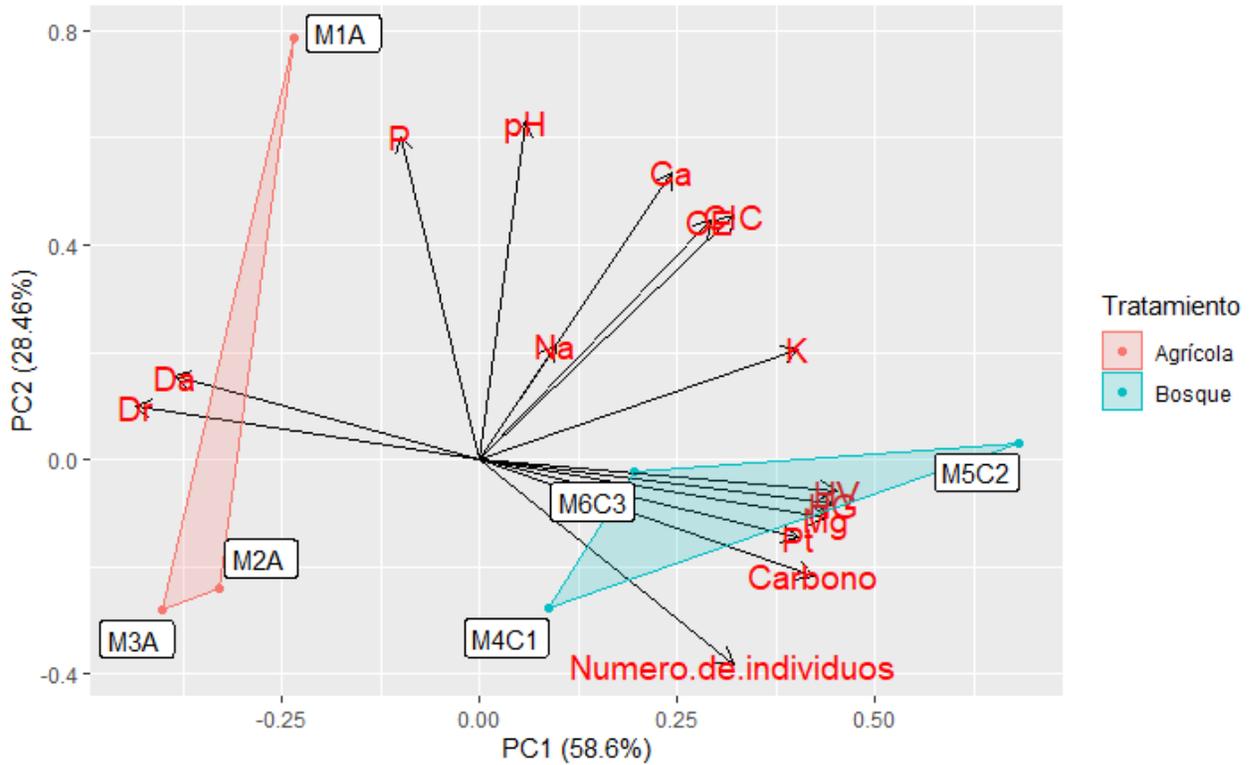
Nota: valor número tres indica un comportamiento óptimo de la variable explicada, cero indica un bajo comportamiento de la variable.

## 5.2 Estado de conservación de suelo y relictos de bosque seco

Respecto, del estado de conservación del suelo; el estudio midió en 6 puntos de muestreo 15 propiedades entre físicas, químicas y biológicas. El análisis exploratorio de componentes principales, evidencia una explicación de la variabilidad general del suelo en un 85,06% entre componente uno (CP1) y componente dos (CP2). El CP1, tuvo como indicadores relevantes la HG, HV, Pt, Mg, Dr, Da, CO y  $N_{ind}$ , que explican el 58,60% de su estado actual. Para el caso del CP2, el P, CIC, CE y pH, fueron los indicadores que resumen y explican en mejor proporción el estado del recurso natural en un 28,46%.

**Figura 8**

*Análisis de Componentes Principales(ACP), indicadores físicos, químicos y biológicos en suelo agrícola y relictos de bosque.*



Los resultados obtenidos en la prueba de Kruskal – Wallis, no difieren respecto de la prueba ANOVA ( $p \leq 0,05$ ), estos, evidencian diferencias significativas en el uso del suelo para: CO, Mg, HG, HV, Da, Dr y Pt. Las restantes variables como: pH, P, Ca, Na, k, CIC, CE y el N. de individuos, no arrojan diferencias estadísticamente significativas, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) con un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 5**

*Medias para indicadores químicos, físicos y biológicos.*

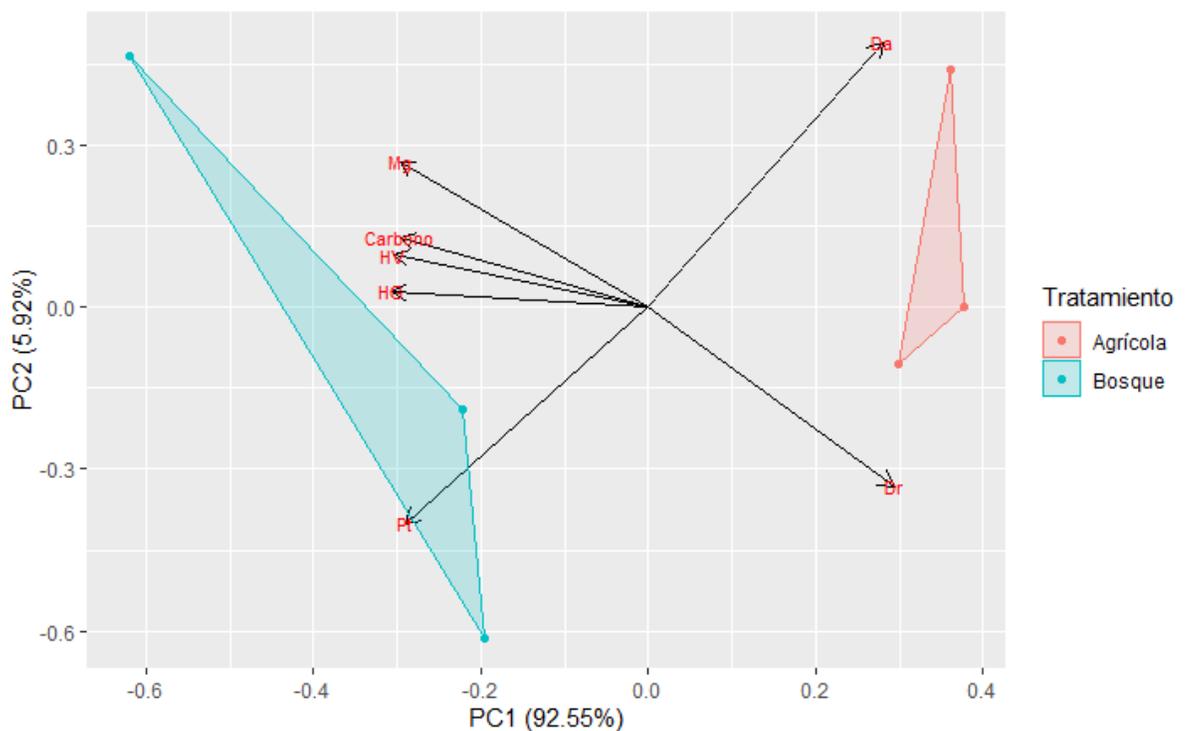
Uso	pH	CO	p	Ca	Mg	Na	K	CIC	CE	HG	HV	Pt	Da	Dr	N° individuos
		%		meq/100g Suelo					mhos/cm			%			
Agrícola	6,37	1	35,33	7,5	1,46	0,03	0,33	9,87	0,08	3,03	4,16	14,73	1,37	2,87	21,67
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>
Forestal	6,07	2,43	21,07	10,21	3,19	0,05	0,75	14,93	0,1	13	12,55	44,53	0,97	2,54	31,33
	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>a</b>

Nota: Nivel de significancia de acuerdo con Tukey, medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre los usos. pH: potencial de Hidrogeno; CO: Carbono Orgánico; P: Fosforo; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; Na: Sodio; K: Potasio; CIC: Capacidad Intercambio Catiónico; CE: Conductividad Eléctrica; HG: Humedad Gravimétrica; HV: Humedad Volumétrica; Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real; Pt: Porosidad total.

La Figura 9, resume el grado de significancia de los indicadores seleccionados en las dos condiciones de suelo. De la base inicial de 15 indicadores, el 46,66% evidencia diferencias estadísticamente significativas. Las pruebas de ANOVA y Kruskal Wallis ( $p \leq 0,05$ ), permitieron reducir el número de variables iniciales a 7, lo que coincide con la prueba de Tukey. De esta forma, el CMD estuvo conformado por: CO, Mg, HG, HV, Pt, Da y Dr, que explica el 92,55% en un solo componente del segundo ACP.

### Figura 9

*Análisis de componentes principales (ACP), indicadores que conforman el Conjunto Mínimo de Datos (CMD).*



Según la categoría propuesta por Wymore (1993), los indicadores cuyas propiedades se clasifican como “más es mejor” teniendo en cuenta la puntuación propia del indicador son: CO, Mg, HG, HV, Pt. En la categoría de indicadores calificado como "menos es mejor" se encuentra Dr y Da. Estos indicadores, varían de acuerdo con su uso Tabla 6, donde media agrícola y media bosque, muestran las diferencias dentro de los usos.

El ICS calculado, evidencia valores más altos en términos de calidad para el suelo en el bosque, respecto de las áreas destinadas a uso agrícola. Según, Cantú et al. (2007), la clasificación indica una muy alta calidad (1) del suelo forestal, y baja calidad (0,29) para el agrícola, donde se muestra la influencia negativa del CMD (Tabla 6). Los resultados, expresan la respuesta inicial del recurso a las condiciones de uso que tiene por parte de las comunidades. En este sentido, y bajo la dimensión y proporcionalidad del caso, es claro como las áreas cuya cobertura vegetal es compleja en su composición y estructura, favorecen el grado de conservación del suelo en las condiciones de oferta ambiental de la zona de estudio.

**Tabla 6**

*Índice de calidad del suelo calculado para uso de suelo agrícola y bosque.*

Indicador	Media agrícola	Media bosque	ICS Agrícola	ICS Bosque
CO	0,3	0,73		
Mg	0,34	0,76		
HG	0,52	0,75		
HV	0,25	0,75	0,29	1,00
Pt	0,32	0,95		
Da	1,47	1,04		
Dr	1,23	1,09		

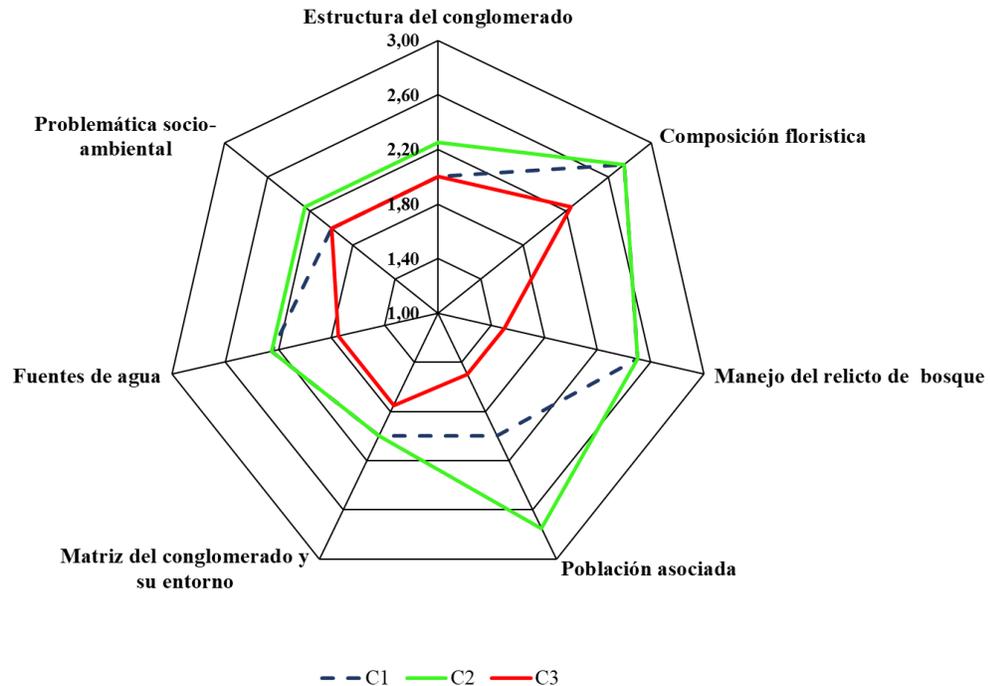
Nota: CO: Carbono Orgánico; Mg: Magnesio; HG: Humedad Gravimétrica; HV: Humedad Volumétrica; Pt: Porosidad total; Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real.

### 5.3 Estado de conservación del bosque.

La tabla 3, contiene los verificadores más importantes empleados para el análisis de resultados, por el papel que cumplen al explicar cada indicador y su comportamiento en los conglomerados. Estos resultados están representados en un diagrama de radar Figura 10.

**Figura 10**

*Indicadores para determinar el estado de conservación de los relictos de bosque conglomerado 1, conglomerado 2 y Conglomerado 3.*



Nota: CG1: Conglomerado 1; CG2: Conglomerado 2; CG3: Conglomerado 3. En la interpretación de la figura una puntuación de tres indica un comportamiento óptimo y uno un nulo comportamiento.

El análisis multicriterio no evidenció un estado al 100% de conservación para ningún conglomerado. El mayor porcentaje se presentó en CG2 (79,76%) que lo define como bien conservado al igual que CG1 (73,81%), mientras que el panorama difiere para CG3 (60,71%) que se encuentra en un estado regular según el rango de calificación. CG2 presentó los valores más cercanos a las condiciones ideales planteadas en cada indicador. Esto obedece a la presencia de tres estratos definidos, el número de individuos es similar en los estratos 2 y 3 y hay presencia de regeneración natural, una condición similar ocurre en CG1 y varía en CG3 que obtuvo una menor valoración.

Por otro lado, en los tres conglomerados se presentaron valores de IVIA altos, pero a su vez, estos no superaron el 50% de individuos por unidad de muestreo, teniendo en cuenta como

base de interpretación un valor medio de (53,2%). Las especies más representativas para cada conglomerado fueron respectivamente: En CG2, *Amyris sylvatica* Jacq (100,92%) y *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth) Skeels (93,85%), para CG1, *Piptadenia* sp (127,45%), *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (105,08%) y *Astronium graveolens* Jacq (79,45), por último, en CG3 predominó la especie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC (274,76%). Los conglomerados con mayores valores de regeneración natural fueron CG2 y CG3, donde se evidenció un valor superior al 50% de individuos en el sotobosque.

En este orden de ideas, los conglomerados en general presentaron homogeneidad, al obtenerse valores en el cociente de mezcla que oscilaron entre 0,10 y 0,30. Por su parte, los índices de diversidad alfa Margalef y Shannon-Wiener reflejan baja diversidad de especies o en equilibrio con tendencia a la baja diversidad.

Respecto a la composición florística, los conglomerados presentaron entre ocho y doce especies. Los CG1 y CG2 tuvieron la mayor riqueza florística, con predominio de especies nativas y ausencia de invasoras, a diferencia de CG3, que fue el único de los tres en que se evidenció la especie invasora espino de cabro (*Vachellia farnesiana* (FJ Herm.) Seigler y Ebinger). En lo referente al grado de amenaza, la categoría de preocupación menor (LC), definida por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], es la predominante en toda el área de muestreo, lo que indica que las poblaciones de estas especies mantienen una presencia relativamente abundante para las condiciones ambientales del ecosistema.

Concerniente al manejo del bosque, las especies maderables no representan un recurso forestal de interés comercial para la comunidad en general, ya que no tienen un volumen aprovechable. CG1 arrojó valores de 31,66 m<sup>3</sup>/ha y CG3 de 21,03 m<sup>3</sup>/ha; por su parte, CG2 generó 363,33 m<sup>3</sup>/ha, pero se tiene en cuenta que este volumen fue aportado en un 78% por seis individuos de *A. excelsum*, los cuales no son vistos por su propietario como una fuente de ingreso económico. En general, los conglomerados presentaron abundancia de individuos maderables, al tener en su composición más del 20%. CG1 y CG2 presentaron la mayor diversidad de especies maderables. Por otra parte, la valoración de bienes y servicios ecosistémicos fue alta, en CG2 y CG1, esto indica la importancia estratégica de los relictos estudiados para la calidad de vida de la población, por los aportes de carácter cultural, de regulación, aprovisionamiento y sostenimiento que presentan. El CG3 obtuvo una valoración

regular, porque solo se evidenciaron servicios ecosistémicos de regulación, aprovisionamiento y sostenimiento y no culturales, sin embargo, su importancia es determinante para el estado de conservación de la unidad de muestreo estudiada.

En relación con los agentes tensionantes (presencia de caprinos y existencia de caminos), el manejo no estabulado de caprinos presentó la condición de mayor impacto en CG1, pese a que en el conglomerado no hay caminos de tránsito frecuente. En contraste, en el CG3 se evidenciaron 4 caminos internos y externos y en el caso del CG2 no se identificó ninguno de los agentes tensionantes definidos para el análisis.

La población asociada cumple un papel determinante para el análisis de las tres unidades muestrales, porque define el uso que se da actualmente al componente forestal. Hay evidencia de la práctica de actividades que no generan presión considerable a las áreas cubiertas por bosque; como la recolección de frutos o extracción de madera producto de la caída de ramas o árboles longevos o enfermos. El CG3 tiene la mayor estimación de habitantes/ km<sup>2</sup>, con una cifra que supera los 20, en comparación con CG2 (menos de 10 habitantes/km<sup>2</sup>) y CG1 (entre 10 y 20 habitantes/km<sup>2</sup>), situación que en el caso del CG3 posiblemente se atribuye a la existencia de una ruta secundaria de tránsito constante que atraviesa gran parte del conglomerado y permite el acceso a las viviendas. En términos generales, la presencia de actividades económicas productivas a gran escala en la zona de amortiguamiento es baja. En el CG1 se da prioridad a la implementación de actividades académicas y agropecuarias, mientras que en los conglomerados CG2 y CG3 hay predominio de labores ganaderas.

En lo que respecta a la matriz del conglomerado y su área circundante, se identificaron condiciones similares en CG1 y CG2, relacionadas con la degradación y fragmentación percibida. Se observó una afectación mediana, inferida por el predominio de afloramientos rocosos y al mismo tiempo áreas destinadas a pastoreo y en una menor proporción a cultivos, condición que permite mantener un impacto visual favorable del conglomerado y distinguir la cobertura forestal. En CG3 se observó una mayor afectación en la matriz y su región circundante, por tratarse de áreas en estado de abandono por parte de sus propietarios, el manejo que se realiza es limitado y predominan las estructuras semiabiertas y los herbazales.

Teniendo en cuenta las fuentes de agua asociadas a cada conglomerado, CG2 y CG1 disponen de nacimientos o afloramientos hídricos, mientras que CG3, tiene una corriente de agua intermitente, que solamente está disponible en algunas temporadas del año. Finalmente se

tuvieron en cuenta las problemáticas socio-ambientales diferenciadas para cada conglomerado y su área aledaña. Para CG2 y CG3, no se identificaron problemáticas, ya que en el área de influencia de estos conglomerados no existen actividades mineras, ni se desarrollan actividades para cambiar el uso del suelo. Por otro lado, el recurso hídrico, aunque es limitado se suministra por parte del acueducto veredal. El único aspecto disímil, es la delimitación de los predios a causa de la presencia de terrenos abandonados por sus propietarios, que se encontraron en CG3. Para el caso de CG1 se observó un mayor contraste, debido a que, en las áreas aledañas al conglomerado, se percibe la utilización del suelo por actividades mineras artesanales. Se estimó que hasta el 70% de los predios se encuentran debidamente delimitados, por el contrario, en el 30% no se diferencian los límites entre uno y otro.

#### **5.4 Relación intervención antrópica, respecto al estado de conservación del suelo y relictos de bosque**

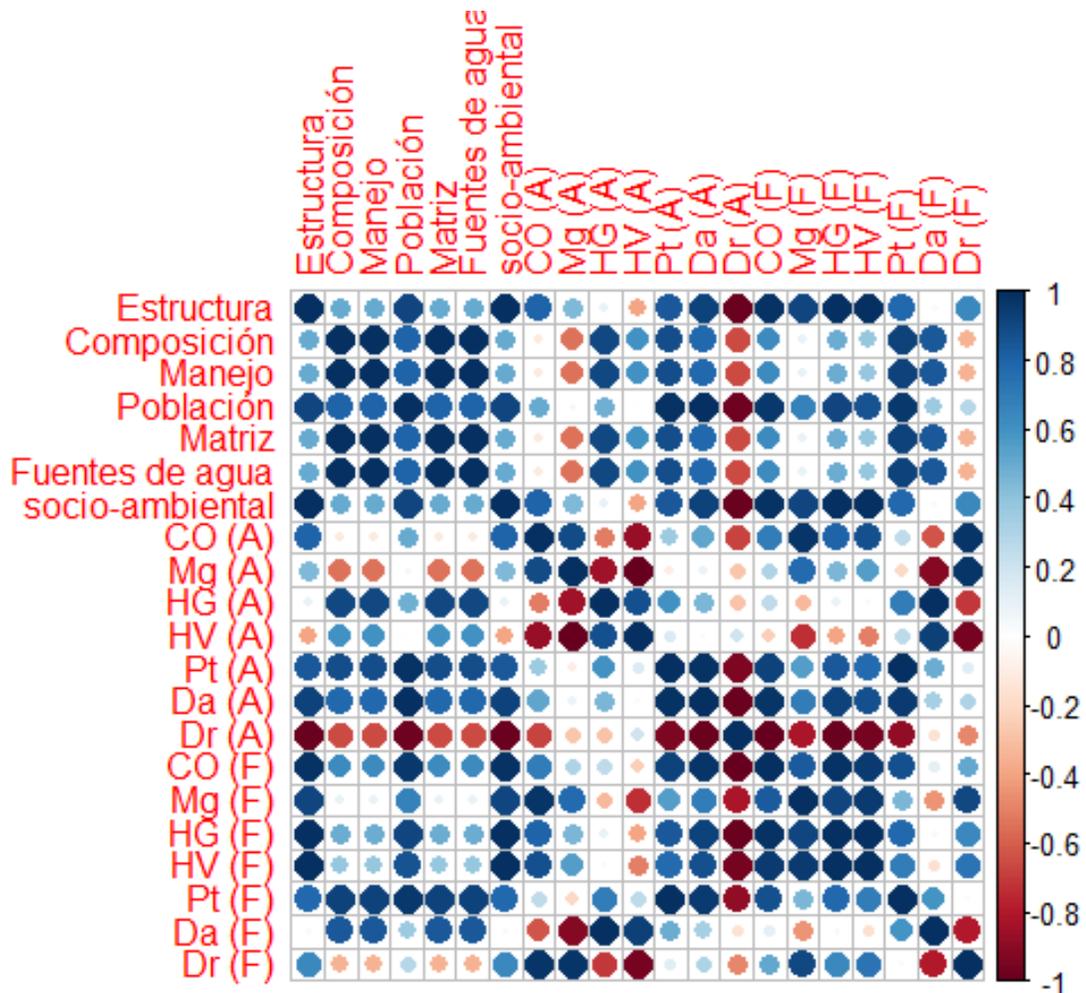
La correlación, mostró una relación directa y significativa (uno), entre seis de los indicadores del análisis multicriterial, solo, la población asociada presentó una correlación menor ( $\geq 0,9$ ), sin embargo, este indicador también evidencia una relación positiva respecto a las demás. Un segundo grupo de indicadores, mostró igualmente correlación directa ( $\geq 0,9$ ) conformada por la combinación en mayor grado de indicadores del ICS y análisis multicriterial. En este grupo, la población asociada evidenció una relación fuerte entre estructura del bosque y problemática socioambiental.

Al tomar como base, los parámetros de segmentación de los usos agrícola y forestal, la evaluación indica; para el primero, que la HG, Pt y Da fueron los indicadores que mejor explicaron la relación antrópica respecto del grado de conservación del suelo y relictos de bosque. Para el caso forestal, los indicadores CO, Mg, HG, HV y Pt son los que más alta explicación dan en el contexto del área de estudio. Un nivel de correlación positiva moderada ( $\geq 0,7$ ), se presenta entre indicadores agrícolas e indicadores de conservación de los relictos de bosque, para CO, Pt y la Da, los cuales se relacionan con seis de los indicadores del análisis multicriterio, donde, la población asociada vuelve a estar ausente. Los indicadores HV, Pt y Da del suelo forestal presentan relación positiva ( $\geq 0,7$ ) con los siete indicadores de conservación de bosque.

Las variables en general no muestran correlación lineal negativa perfecta (menos uno), sin embargo, se presentan algunas correlaciones inversas entre indicadores de suelo agrícola para HG - Mg, HV- CO y HV- Mg. Las correlaciones negativas moderadas ( $\geq -0,7$ ), se dan solo para la Dr en suelo agrícola con indicadores de estructura del bosque, población asociada al conglomerado y la problemática socio-ambiental. La relación inversa en indicadores de suelo forestal respecto de los indicadores del análisis multicriterio, no evidencio correlación negativa fuerte, este fue débilmente para la Da ( $\leq 0,5$ ) ver Figura 11.

**Figura 11**

*Correlograma de indicadores análisis multicriterio e indicadores de suelo.*



Nota: La escala tiene como base de interpretación el tamaño y tonalidad del color en los círculos.

## 6. Discusión

Los resultados obtenidos respecto a la relación de uso del suelo, indican la existencia de un vínculo directo entre habitantes de la vereda y los diversos usos que hacen del recurso, condición generada a partir del desarrollo de diferentes actividades productivas que involucran la sobre utilización del suelo. Al respecto Castillo et al. (2009), indican que estos patrones expresan la baja capacidad de los seres humanos para establecer un vínculo de equilibrio con los recursos naturales. El estudio, igualmente establece un grado de escolaridad bajo para la zona, con un acceso crítico a la educación en niveles superiores. En este sentido, los resultados obtenidos mantienen coherencia con las estadísticas a nivel nacional, donde se estima una cobertura para educación básica de tan solo el 58% (Minagricultura, 2019). En concordancia, López y Ramiro (2006), afirman, que la sociedad colombiana rural, presenta precarios niveles educativos, y por ello es baja la cobertura en estas poblaciones, condición, explicada en parte por el uso de mano de obra familiar para las labores productivas, lo cual, Tenjo-Galarza y Jaimes (2018) asocian con la percepción de pérdida de tiempo, que implica asistir a centros educativos y descuidar las fincas por parte de los integrantes del núcleo.

Para la vereda Juncal, el mayor número de predios están categorizados como minifundios, extensión que según Minagricultura (2019), representa el 38% de las fincas a nivel nacional. Sin embargo, este modelo igualmente conduce a una sobreexplotación del suelo que compromete su disponibilidad, escenario que coloca en riesgo la rentabilidad de los cultivos a largo plazo, por alteración de la composición interna del recurso (Kolmans y Vásquez, 1999). Aun bajo este contexto, la comunidad adelanta algunas iniciativas propias de manejo sostenible como protección de la fauna y flora silvestre, siembra de árboles y cuidado de nacimientos de agua, cuyo impacto aun no es visible, pero con el tiempo es posible que alcance niveles considerables de conservación. De otro lado, las acciones de manejo de residuos sólidos generados por las cosechas no se llevan a cabo en el 70,8% de las fincas, condición que reduce la posibilidad de medidas para la recuperación del suelo. Al respecto, Porras y González (2016), coinciden en que los residuos de los cultivos en Colombia en su mayoría no tienen manejo,

refieren algunos cultivos como el plátano donde solo el 20% de la planta es aprovechado y el resto se considera residuo.

En general, las actividades de enfoque agropecuario en la zona no son rentables, lo que resta importancia a nivel productivo, por ser desarrolladas como parte de la tradición cultural y de subsistencia de sus habitantes. Estos, igualmente no disponen de asesoría profesional que les permita mejorar la planificación estratégica de predios en términos económicos y ambientales. Panorama, común a nivel nacional en escenarios rurales, donde fenómenos como la apertura económica de los 90, y los usos fraudulentos en las instituciones destinadas para el agro, terminan con afectar estos modelos de uso del suelo a pequeña escala, (Fajardo, 2019; Departamento Nacional de Planeación [DPN], 2015).

Finalmente, el estudio evidencia la existencia de una relación de los habitantes con los relictos de bosque de forma permanente, establecida, mediante el aprovechamiento principalmente de leña como fuente de combustible, situación, que Ramírez y Taborda (2014) confirman como patrón de uso de este recurso en regiones del oriente antioqueño, que igualmente es frecuente en toda la región andina. Con respecto al aporte de bienes y servicios ecosistémicos, los resultados muestran como las comunidades si tienen acceso a estos y les permiten contar con mínimas condiciones de vida, lo que coincide con lo mencionado por Vergara- Buitrago (2018) en la serranía de los Yariguíes, Santander- Colombia, donde los habitantes rurales mantienen un vínculo directo con el bosque, al tiempo que implementan acciones para favorecer su regeneración y se convierten en benefactores del aporte de servicios ecosistémicos, y la permanencia del ecosistema en sus territorios.

El CMD para el contexto del trabajo, estuvo conformado por siete indicadores físicos y químicos a partir de los cuales se estableció el respectivo ICS. Estudios realizados por Masto et al. (2007) coinciden en la cantidad de parámetros seleccionados para evaluar la calidad de suelos agrícolas en Nueva Deli India. Para Afanador et al. (2019), esta técnica de común uso permite analizar el recurso desde su condición actual, en función de las coberturas que este tiene. Los resultados generales, indican valores de calidad de suelo, diferentes tanto en agricultura como en los relictos de bosque, en concordancia con lo señalado por Aguirre et al. (2018), quienes analizaron el suelo en Santa Marta Colombia, bajo cuatro usos, con ICS de valores mayores en los suelos de bosque seco tropical. El ICS para uso agrícola presentó baja calidad (0,29), patrón

igualmente obtenido en estudios realizados por Ojeda-Quintana et al. (2018) en la región Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, Cuba. Los indicadores que conformaron el CMD, presentaron diferencias marcadas entre las medias de uso agrícola, las cuales son relativamente bajas respecto del bosque. Igual resultado, obtuvieron Andrade-Castañeda et al. (2016), quienes encontraron diferencias entre los indicadores para arrozales y bosques riparios en el departamento del Tolima, por la presencia de variables que no pueden ser unificadas para todos los estudios donde son empleadas.

Los valores más bajos de los indicadores correspondieron a %CO y %Pt en M<sub>1</sub>A y M<sub>3</sub>A respectivamente, resultados coherentes con Aguirre et al. (2018). Sin embargo, estudios realizados por Meza y Geissert (2003), difieren respecto del %Pt para este tipo de usos. El %Pt se considera un indicador importante, ya que, genera las condiciones de equilibrio entre agua y aire en el continuo atmosfera - suelo. Las restantes propiedades evaluadas no presentan niveles altos de significancia en sus medias de acuerdo con el uso. Calderón-Medina et al. (2018), en estudios adelantados en el departamento del Meta Colombia, para sistemas agroforestales, pradera y bosque seco; coinciden en que propiedades como el pH, Ca, K, Na, no presentan varianza estadísticamente significativa en uso agroforestal. Situación similar fue reportada por Aguirre et al. (2019), en Santa Martha Colombia, para bosque y hortalizas.

El suelo de uso forestal, fue valorado de muy alta calidad según el ICS estimado (uno). Sin embargo, dentro de cada muestreo existen perturbaciones que influyen en la variabilidad de los indicadores. En este sentido, propiedades como %CO, Mg, %HG, %HV, Dr y %Pt, arrojan los mejores resultados en M<sub>5</sub>C<sub>2</sub>. Para el caso de M<sub>4</sub>C<sub>1</sub>, la Da fue es el indicador que mejor expresó la condición de calidad del suelo, siendo esta una propiedad física fundamental para el crecimiento de las plantas, ya que, define patrones de equilibrio entre la fase sólida y líquida del suelo (Jaramillo, 2002).

El estado de conservación de los relictos de bosque de la vereda Juncal, puede verse influenciado por la calidad edáfica como soporte nutricional. Estudios previos sobre el grado de intervención de los suelos, han sido analizados con índices e indicadores de calidad. Castillo-Valdez et al. (2021), obtuvieron resultados similares a través de una metodología diferente, en la que el ICS presenta valores mayores en los suelos sin manejo agrícola. Para (M<sub>4</sub>C<sub>1</sub>) y (M<sub>6</sub>C<sub>3</sub>), se presentó similitud en los resultados de Mg, %HV, %HG, Da, Dr y %Pt. El %CO, fue calificado como medio, sin embargo, el número de individuos/ft<sup>3</sup> que no fue indicador del CMD, en el

conglomerado tres fue mayor en un 22% respecto al uno. Pérez-Ramírez et al. (2013), refieren que esta situación puede darse por la composición química del material vegetal en descomposición.

El panorama general para los relictos de bosque objeto de estudio (conglomerados), definió según los resultados obtenidos en el análisis multicriterial, un buen estado de conservación para CG2 y CG1, que concuerda con lo señalado por Melo et al. (2012), quienes evidenciaron un buen estado de conservación para las áreas definidas como bosque seco en los municipios de Capitanejo, San José de Miranda y Enciso, Santander.

En relación con CG2, indicadores como las fuentes de agua y estructura del conglomerado, determinaron su buen estado de conservación, al igual que lo encontrado en un estudio para los montes de María en el departamento de Sucre realizado por Herazo et al. (2017) donde se identificó un buen estado de conservación en bosques con sotobosque y presencia sobresaliente de individuos en el estrato arbóreo, consecuencia de las fuentes hídricas presentes en el lugar. En tal sentido, Leiva et al. (2009); Vargas et al. (2016) y Pardo y Moreno (2018), reconocen la importancia estratégica del agua para garantizar la presencia del bosque, que influye también sobre la eco fisiología del ecosistema.

Algunas especies nativas representativas de bosque seco en el cañón del Chicamocha, como *Bursera simaruba*, *Astronium graveolens*, *Amyris sylvatica*, *Anacardium excelsum*, *Prosopis juliflora*, *Piptadenia sp.* y *Ficus insípida*, forman parte de la composición florística del área de estudio, las cuales, han sido igualmente encontradas en estudios realizados por Pizano y García (2014); Pardo y Moreno (2018) y Quiroga et al. (2019), quienes las catalogan como estratégicas para la conservación de los bosques secos en Santander, teniendo en cuenta las fuertes pendientes donde se han establecido.

El manejo al interior del conglomerado, mostró como la presión que ejerce el ganado caprino sobre los relictos de bosque en el área de estudio, es el agente que más grado de afectación como tensionaste causa, condición, que fue mayor en CG1, e influye directamente en las bajas tasas de regeneración natural que este presentó, situación, que Pizano y García (2014) reportan a nivel nacional, como un aspecto que puede causar en una escala temporal amplia la homogenización del bosque en algunas zonas.

Respecto del indicador población asociada, Cárdenas et al. (2021), manifiestan que las poblaciones humanas cercanas a los bosques cumplen un papel fundamental para su

conservación, dado, que son las encargadas de realizar actividades socioeconómicas en sus inmediaciones, como es el caso de la extracción de maderas, labores agropecuarias y desarrollo de infraestructura. Sin embargo, son actividades determinantes del funcionamiento del bosque, ya que un incremento de estas, puede generar perturbaciones en su estructura y composición, lo que implica igualmente una reducción en el aporte de servicios, todo esto, bajo un contexto de incremento de la frecuencia e intensidad de uso dado. Para el caso puntual del estudio, esta situación fue más evidente en términos de impactos en CG3, a razón de la alta presencia antrópica, que muestra como el conglomerado fue el menor valorado desde este punto de vista.

CG1 presentó valores inferiores en los indicadores relacionados con estructura del conglomerado, presencia de fuentes hídricas, composición florística, población asociada y manejo de los relictos de bosque, sin embargo, estos siguen siendo los que mejor explican el estado de conservación para el conglomerado asemejándose a algunas características encontradas por Aguirre y Geda (2017), quienes precisan un buen estado de conservación para los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador, al determinar una estructura vertical con presencia de tres estratos, ausencia de especies invasoras, baja degradación en la matriz del bosque, presencia de fuentes hídricas dentro del bosque y baja densidad de población asociada. En los bosques estudiados en el Ecuador, se hace extracción de algunas maderas, y las especies que dominan el estrato superior también tienen representación en la regeneración natural a diferencia de lo evidenciado en el área de estudio, donde no todas las especies del estrato superior, están presentes en la regeneración natural.

En lo concerniente a CG3, que tiene un estado regular de conservación por los bajos valores obtenidos en los indicadores de manejo del relictos de bosque, matriz del conglomerado, población asociada y las fuentes de agua existentes, hay coincidencia con lo afirmado por Londoño-Lemos et al. (2022), Aguirre y Geda, (2017), quienes encontraron bosques secos con tendencia a un regular estado de conservación reflejado en una matriz del bosque afectada, alta densidad de habitantes por kilómetro cuadrado y presencia intermitente del recurso hídrico.

Los bosques mejor conservados, según Cañon (2014); Aguirre y Geda (2017) y Quiroga et al. (2019), hacen parte de propiedades privadas y en este caso, para el CG3, aunque es un terreno de propiedad privada, su propietario no lo utiliza, ni se encuentra cercado, es decir se configura como un terreno en abandono expuesto a diferentes agentes tensionantes y limitantes para su conservación. Santibañez et al. (2015), definen que el grado de disturbio antropogénico

ocasionado por la apertura de caminos dentro y fuera del bosque, repercuten sobre su estructura y composición y se convierten en un agente puntual y determinante para la introducción de especies invasoras y el incremento de factores tensionantes y limitantes que afectan el ecosistema.

En lo referente al IVIA, la especie que sobresalió con respecto a las demás fue *Prosopis juliflora* (274,76%), debido a que en el CG3 predominó con una estructura medianamente conformada por bosque abierto en el estrato arbóreo y presentó regeneración natural. Lo anterior coincide con Pardo y Moreno, (2018), quienes encontraron bosques dominados por *Prosopis juliflora* en proceso de formación para la provincia de García Rovira, contexto que a su vez permite inferir que el bosque presentó perturbaciones anteriormente, y se encuentra en estado de recuperación, evidenciable en el avance de sus trayectorias sucesionales.

En general, los siete indicadores del análisis de conservación de bosque presentaron correlación lineal significativa ( $\geq 0,9$ ), con seis de los indicadores del suelo. Las correlaciones fuertes se presentaron en Da agrícola, y la población asociada al conglomerado, condición reflejada en la intensidad de uso del suelo que afecta la estructura y anclaje de plantas. La HG del suelo forestal, presentó una correlación alta ( $\geq 0,9$ ) con el indicador de estructura, población asociada y la problemática socio ambiental, asociadas igualmente, al uso del recurso hídrico, y los conflictos internos de la comunidad. A su vez, la HG agrícola se relaciona ( $\geq 0,9$ ), con la composición florística, manejo del bosque, matriz del relicto de bosque y su entorno y las fuentes de agua. Díaz (2006), por su parte menciona que la estructura del bosque depende radicalmente del estado del suelo, en tal sentido una condición de humedad favorable del suelo, se ve reflejada en los patrones óptimos de crecimiento y desarrollo de coberturas forestales.

La Pt en el suelo forestal, fue un indicador que se relacionó fuertemente con la composición florística, el manejo del bosque, población asociada, matriz del conglomerado y su entorno y fuentes de agua. Según González et al. (2012) esta propiedad física, interactúa y explica gran parte de la dinámica y complejidad de los bosques y los elementos antrópicos asociados a este. Para el suelo de uso agrícola, esta propiedad solo presentó correlación con la población asociada, lo que confirma como los diferentes grados de intervención pueden alterar las relaciones hídricas del recurso. Además, estos indicadores se convierten en factores que influyen sobre la dinámica de la Pt y representan en algunos casos presiones sobre esta. Para, Leiva et al. (2009), en su estudio sobre la vegetación en relación con el suelo, en un bosque

tropical seco en Santa Rosa, Guanaste - Costa Rica, coinciden en que la porosidad del suelo puede estar relacionada indirectamente con la interacción del bosque, el recurso hídrico, la descomposición de raíces, tallos, hojas y flores de las especies que lo componen.

El CO del suelo, se relacionó fuertemente ( $\geq 0,9$ ) con indicadores de estructura, población asociada al conglomerado y la problemática socio ambiental, que involucra actividades económicas, conflictos de tipo agropecuario, hídrico y tenencia de la tierra que a su vez influyen en la capacidad de regeneración del bosque, homogeneidad y estado sucesional. González y Dezzeo (2011), en Caracas – Venezuela, para su estudio de efecto del cambio de bosque a pastizal sobre las características de algunos suelos, concuerdan en que la disponibilidad de CO se asocia con el manejo dado al recurso. En cambio, Ceccon et al. (2002), difieren con el resultado obtenido, pues la riqueza de especies en el bosque no se vio influenciada, respecto de la fertilidad edáfica, para su estudio sobre vegetación y propiedades del suelo en dos bosques tropicales secos en diferente estado de regeneración en Yucatán- México.

La Da agrícola, presento alta correlación ( $\geq 0,9$ ) con la población asociada al conglomerado, situación que coincide con estudios realizados por Aguirre et al. (2019), quienes emplearon otra metodología y reportan un aumento de este indicador en función de la presión antrópica. El Mg y la HV del suelo forestal, obtuvieron altas correlaciones con los indicadores de estructura y la problemática socio – ambiental. Respecto del primero, la relación se explica por la importancia que tiene dentro del proceso fotosintético como elemento presente en la estructura de la molécula de clorofila. Para la HV, sus contenidos reflejan un grado estable de organización de los agregados del suelo, lo que favorece las relaciones hídricas en su interior.

## 7. Conclusiones

El estudio, permitió identificar las condiciones de vida de los habitantes de la vereda Juncal de Enciso Santander. Estas son medianamente aceptables respecto del acceso a alimentos, educación básica, vivienda y tenencia de la tierra. Aspectos, sobre los cuales es necesario establecer acciones desde la gobernanza local, que les permita a estas comunidades, mejorar los medios de vida donde conviven con sus núcleos familiares.

Se identificaron las diferentes actividades que generan vínculo directo entre los habitantes de la vereda Juncal, y el suelo como recurso natural; sobre el cual se han formalizado con el paso del tiempo, diferentes modelos de producción rural agrícola y pecuaria. Sin embargo, la forma y los medios empleados; no han sido los indicados, lo que afecta los estados naturales de este. En tal sentido, se hace necesario que estas comunidades cuenten con procesos de acompañamiento técnico permanentes, que les permitan mejorar la relación de uso del suelo en áreas de agricultura, ganadería y forestales.

Los resultados obtenidos evidenciaron un estado de conservación del suelo para uso agrícola en condiciones preocupantes de fertilidad, mientras que el suelo de uso forestal arrojó mejores valores sobre el estado actual del recurso. La calidad del suelo en la vereda Juncal, está influenciada por prácticas agrícolas poco sostenibles que han llevado a presentar un descenso funcional de los indicadores de calidad definidos para el estudio. Respecto de la conservación del componente forestal, ninguno de los conglomerados analizados presentó condiciones óptimas respecto del análisis multicriterial, sin embargo, CG1 y CG2 mostraron la tendencia a condiciones más cercanas. A pesar de esto, se evidencia igualmente la necesidad de fortalecer las acciones que mejoren la relación de los habitantes y el patrimonio natural de la zona.

El estudio confirma la relación directa y fuerte; que existe entre los recursos naturales y las comunidades rurales que hacen uso frecuente y en diferente grado de intensidad de estos. Los

indicadores del análisis multicriterial y de calidad del suelo (ICS) expresaron un vínculo directo, que permitió conocer el estado actual en que se encuentran los relictos de bosque seco tropical y se convierte en información relevante para la proyección de acciones de gestión forestal sostenible, que conduzcan a garantizar la presencia y disponibilidad de este patrimonio forestal en la provincia de García Rovira, a favor del mejoramiento y condiciones de vida de los habitantes.

## **8. Recomendaciones**

Se considera pertinente, analizar el contexto socioeconómico, ambiental y técnico de otras veredas donde se tenga presencia de relictos de bosque seco tropical, con el fin de establecer un panorama general de manejo, uso y aprovechamiento del ecosistema en la Provincia de García Rovira.

Dar continuidad al proceso de monitoreo del suelo, bajo diferentes tipos de uso y coberturas en los municipios de la provincia, con el fin de consolidar una línea base que permita comprender el estado actual del recurso natural en la región, y de esta forma, definir las posteriores acciones de manejo sostenible. Así mismo, es fundamental ampliar la cantidad y frecuencia de muestreo del suelo para este tipo de estudios, que permitan un análisis estadístico más detallado.

Aplicar la metodología de análisis multicriterial en bosques, ya que, al presentar altas correlaciones entre sus indicadores, puede arrojar una valoración sobre el estado de conservación del recurso con mayor grado de objetividad e integralidad de los datos.

### Bibliografía

- Acevedo, Á., Navas, A., Estupiñán, A., Angarita, A., Salamanca, B., Rodríguez, G., Ulloa, G., y Meza, R. (2016). Materiales educativos sobre uso y conservación del bosque seco tropical en el Caribe colombiano: una guía para facilitadores. Bogotá D.C, Colombia: Tropenbos Internacional Colombia y Fondo Patrimonio Natural. Recuperado de: <https://n9.cl/ba5e3>
- Afanador- Barajas, L.N., Coca-Peña, D.A., Vargas-Giraldo, A.P., Bautista- Murcia- M.F., Mendoza- Hernández, A. y Vallejo- Quintero, V.E. (2020). Evaluación de la calidad de suelos en agroecosistemas de Colombia a través de la selección de un conjunto mínimo de datos. *Colombia forestal*, (23)1, 35-50. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14856>
- Aguirre, N., Alvarado, J. y Granda, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2). Recuperado de: <https://bit.ly/3qaXMRO>
- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V. y Díaz, C. J., (2019). Valoración del estado del suelo en zona de bosque seco tropical mediante técnicas analíticas y cromatogramas. *Información tecnológica*, 30(6), 337-350. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600337>
- Aguirre, S., Piraneque, N. y Vásquez, J. (2018). Características edáficas y su relación con usos del suelo en Santa Marta, Colombia. *Ciencias Agrícolas* 14(1), 242-250. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27141>
- Aguirre, Z. y Geada, G. (2017). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(1), 207-228. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24107>.
- Albesiano, S., Rangel, J. y Cadena, A. (2003). La vegetación del río Chicamocha (Santander, Colombia). *Caldasia* 25(1), 73-99. Recuperado de: <https://n9.cl/ou8eh>

- Andrade-Castañeda, H. J., Segura-Madrigal, M. A. y Rojas-Patiño, A. S. (2016). Carbono orgánico del suelo en bosques riparios, arrozales y pasturas en Piedras, Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 233. <https://doi.org/10.15517/am.v27i2.24359>
- Aparicio, S. A. (2015). Impulso y difusión de la Ciencia del Suelo en el 2015. Año Internacional de los Suelos (AIS2015). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(3), 330-330.
- Aranda, U., Rojo, A., Castedo, F., Álvarez, J., Barrio, M., Crecente, F., González, J., Pérez, C., Rodríguez, R., López, C., Balboa, M., Gorgoso, J. y Sánchez, F. (2009). Herramientas silvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. España. Tórculo Artes Gráficas, S.A.
- Aristizábal, E., Valencia, Y., Guerra, A., Vélez, M. y Echeverri, O. (2011). Caracterización geotécnica de perfiles de meteorización desarrollados sobre rocas ígneas en ambientes tropicales. *Boletín de ciencias de la tierra*, 30, 47-60.
- Avella, A., García, N., Fajardo, F. y González, A. (2019). Patrones de sucesión secundaria en un bosque seco tropical interandino de Colombia: implicaciones para la restauración ecológica. *Caldasia* 41(1), 12-27. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.65859>
- Balvanera, P. y Cotler, H. (2007). Acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica* (84-85). 8-15. Recuperado de: <https://n9.cl/n5rtv>
- Bergadá, Mercé. M. (1997). Actividad antrópica en el Neolítico antiguo catalán a través del análisis micromorfológico. *Trabajos de Prehistoria*, 54(2), 151-162. <https://doi.org/10.3989/tp.1997.v54.i2.372>
- Botero, E. (2015) El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago, Chile.

- Calderón, C., Bautista, G. y Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. Recuperado de: <https://n9.cl/blx4k>
- Calderón-Medina, C.L., Bautista-Mantilla, G.P. y Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- 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.
- Cañon, A. (2014). Uso Y Manejo Del Bosque Seco Tropical Para El Desarrollo Sustentable De Santa Catalina De Alejandría, Bolívar – Colombia. Universidad de Cartagena. *Palabra No.14*. Recuperado de; <http://hdl.handle.net/11227/7786>
- Cárdenas, L., Díaz, S., Gómez, W., Rojas, J. y López, R. (2021). Análisis participativo de servicios ecosistémicos en un área protegida del bosque seco tropical (bs-T), Colombia. *Colombia forestal*, 24(1), 123–156. <https://doi.org/10.14483/2256201X.16548>
- Castillo, A., Godínez, C., Schroeder, N. y Galicia, C. (2009). El bosque tropical seco en riesgo: Conflictos entre uso agropecuario, desarrollo turístico y provisión de servicios ecosistémicos en la costa de Jalisco, *Interciencia*. 34(12), 844-850. Recuperado de: <https://n9.cl/6cs0b>
- Castillo, F., Bosco Imbert, J., Blanco, J., Traver, C. y Puertas, F. (2004). Gestión forestal sostenible de masas de pino silvestre en el Pirineo Navarro. *Ecosistemas*, 12(3). Recuperado de: <https://n9.cl/uz70t>

- Castillo-Valdez, Ximena, Etchevers, J. D., Hidalgo-Moreno, Claudia Ma. I. y Aguirre-Gómez, Arturo. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Ceccon, E., Olmsted, I. y Campos, A. (2002). Vegetación y propiedades del suelo en dos bosques tropicales secos de diferentes estados regeneracional en Yucatán. *Agrociencia*, 36(5), 621-631. Recuperado de: <https://n9.cl/z0os4>
- Centro Informático de Geomática Ambiental[CINFA], Herbario LOJA, Carrera de Ingeniería Forestal (2006). Informe de evaluación del estado de conservación de los bosques y áreas de vegetación protectora de Loja y Zamora Chinchipe, Fondo Ambiental Nacional. Loja, Ecuador. 350 p.
- Cifuentes, M. y Aymerich, J. (2017). Crecimiento de los bosques tropicales secundarios. *Forestry and Climate Change Fund.(2)1*. DOI: 10.13140/RG.2.2.10012.74885
- Conover W. (1999). Practical nonparametric statistics. 3th Edition. New York, USA. John Wiley. 584 p.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2018). Metodologías de toma de muestras para degradación de suelos y envío a laboratorio y/o in situ para diagnóstico rápido. Recuperado de: <https://n9.cl/9yzg7>
- De Petre, A., Panigatti, J. y Ferrer, J. (2012). Diccionario de términos edafológicos y otras voces asociadas AACS-UNER. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: <https://n9.cl/erfqb>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA]. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.

Departamento Nacional de Planeación [DPN]. (2015). El campo colombiano un camino hacia el bienestar y la paz, misión para la transformación del campo. Recuperado de: <https://n9.cl/7ubaf>

Di Gregorio, A. and Jansen, LJM (2005) Land Cover Classification System (LCCS): Conceptos de Clasificación y Manual de Usuario. Recuperado de: <https://n9.cl/kh2sm>

Díaz, J. (2006). Bosque seco tropical Colombia. Cali, Colombia. I/M Editores.

Dinerstein, E., Olson, D., Graham, D., Webster, A., Primm, S., Bookbinder, M. y Ledec, G. (1995). Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. (ISBN 0-8213-3296-1.).135p. Recuperado de: <https://n9.cl/q2sn9>

Doran, J., & Parkin., T. (1994). Defining and assessing soil quality for sustainable environment. Soil Science Society of America. Special Publication 35. Madison, Wisconsin, USA.

Duarte, C. (2006). Cambio global impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra. España. Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.

Durán, C. (2017). Análisis espacial de las condiciones de vulnerabilidad social, económica, física y ambiental en el territorio colombiano. *Revista Perspectiva Geográfica* 22(1), 11-32. Recuperado de: <https://n9.cl/8rnid>

Etter, A., Andrade, A., Saavedra, K., Amaya, P., Arévalo, P., Cortés L., Pacheco, C. y Soler, D. (2016). Lista Roja de Ecosistemas de Colombia (Vers.2.0). Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá D.C. Colombia

Fajardo, F., Montealegre, C. y Pardo, M. (2018). Dinámica de la vegetación del cañón del Chicamocha, análisis de la información nueva y preexistente sobre sus comunidades

- vegetales. En Pardo, M. E. y R. Moreno-Arias (Eds). El enclave seco del cañón de Chicamocha: biodiversidad y territorio. Fundación Natura. 192 p.
- FAO. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – principales resultados. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- FAO. (2003). Ordenación del Ecosistema Forestal: Una necesidad del medio ambiente. Pero, ¿Se trata de una realidad práctica o simplemente de un ideal eco-utópico? Recuperado de: <https://n9.cl/4l8vf>
- Finol, U. H. (1971). Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*. 14 (21): 29-42
- García, E. (2011). La reciente e inminente legislación sobre conservación y uso sostenible de la biodiversidad del medio marino ¿Celebración o reto? *Ambienta: La revista del Ministerio del Medio Ambiente*, (94), 70-79. Recuperado de: <https://n9.cl/i824r>
- García, H. y González, R. (eds). (2019). Bosque seco Colombia: biodiversidad y gestión. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 32 p.
- Ghaemi, M., Astarai, H. Emami, M. Nassieri, M. & Sanaeinejad. (2014). Determining soil indicators for soil sustainability assessment using principal component analysis of Astan Quds – east of Mashhad – Iran. *Soil Sci. Plant nut.* 14: 987-1004
- González, A. y Dezzio, N. (2011). Efecto del cambio de bosque a pastizal sobre las características de algunos suelos en los llanos occidentales de Venezuela. *Interciencia*, 36 (2), 135-141. Recuperado de: <https://n9.cl/o0qut>

- González-Barrios, J., González-Cervantes, G. & Chávez-Ramírez, E. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(1), 21-32. Recuperado de: <https://n9.cl/i9ey0>
- Herazo, F., Mercado, J. y Mendoza, H. (2017). Estructura y composición florística del bosque seco tropical en los Montes de María (Sucre-Colombia). *Ciencia en desarrollo*, 8(1), 71-82. Recuperado de: <https://onx.la/d45a0>
- Duarte, D. y Avella, A. (2019). Análisis socio-ecológico de una iniciativa de restauración liderada por autoridades ambientales en Santander, Colombia. *Colombia forestal*, 22(1), 68-86. Recuperado de: <https://doi.org/10.14483/2256201X.13101>
- Hernández, L. y Valero, N. (2005). Desarrollo sustentable del bosque húmedo tropical: características, ecología y uso con énfasis en Venezuela. Puerto Ordaz. Fondo Editorial UNEG y Fundacite Guayana, cofinanciada por The Nature Conservancy, Conservation International y Aserradero Hermanos Hernández. 278 pp.
- IAvH. (2014). Bosques secos tropicales en Colombia. Recuperado de: <https://n9.cl/osq1z>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2018). Manual de Campo Inventario Forestal Nacional Colombia. Bogotá Colombia. Nuevas Ediciones SAS. Recuperado de: <https://n9.cl/846d3>
- Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt [Humboldt]. (2019). Bosque seco de Colombia, biodiversidad y gestión. Bogotá, D. C., Colombia. Impresión Panamericana Formas e Impresión
- Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt [IAVH]. (1998). El bosque seco tropical (bs-T) en Colombia. Recuperado de: <https://n9.cl/om1fz>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (1997). Mensura Forestal. Bmz/gtz.

- Jaccard, P. (1901). Étude comparative de la distribution florale dans une portion des alpes et des jura. *Bulletin del la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 37: 547–579.
- Janzen, H., Campbell, C., Brandt, S., Lafond, G., Townley-Smith, L. (1992). Materia orgánica de fracción ligera en suelos de rotaciones de cultivos a largo plazo. *Revista de la sociedad de ciencias del suelo de América* (56), 1799-1806.  
<https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600060025>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Jaramillo, O. (2018). Caracterización del clima en el enclave seco de los ríos Chicamocha y Suárez (Santander, Colombia). Pp.16–22. En: Pardo, M. E. y R. Moreno-Arias (Eds). El enclave seco del cañón de Chicamocha: biodiversidad y territorio. Fundación Natura. 192 p.
- Jiménez, L. (2018). Análisis del régimen jurídico del suelo rural. *Revista Digital de Derecho Administrativo* (20), 95-135. Recuperado de: <https://n9.cl/hoiw>
- Koleff, P., Urquiza, T. y Contreras, B. (2012). Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: *Reflexiones sobre su estado de conservación y manejo*. *Ecosistemas* 21(1):6-20. Recuperado de: <https://n9.cl/id3bm>
- Kolmans, E. y Vásquez, D. (1999). Manual de agricultura ecológica, una introducción a los principios básicos y su aplicación. Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF
- Kramer, P. (1989). Relaciones hídricas del suelo y plantas una síntesis moderna. México D.F, México: The McGraw-Hill.

- Kyok, M., Ngara, T. y Tanabe, K. (2006) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. En Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero (pp 3-93).
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation y Development*, 12(6), 519-539. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/ldr.472>
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades para un aprovechamiento sostenido. GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- Leiva, A. J., Rocha, J. O., Mata, R. y Gutiérrez – Soto, M. (2009). Cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. II. La vegetación en relación con el suelo. *Revista de Biología Tropical*, 57(3). <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i3.5495>
- Leiva, J., Rocha, O., Mata, R. y Gutiérrez, M. (2009). Cronología de la regeneración del bosque tropical seco en Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. II. La vegetación en relación con el suelo. *Revista de Biología Tropical*, 57 (3), 817–836. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i3.5495>
- Linares, R. (2015). Metodología para realizar el cálculo de indicadores ecológicos, dasométricos y silviculturales para la ordenación forestal. Recuperado de: <https://onx.la/35b95>
- Londoño-Lemos, V., Tapasco-García, J., Escobar-Hadechini, O. y Madriñán, S. (2022). Vegetación leñosa de un remanente de bosque seco tropical en el Caribe colombiano. *Colombia forestal*, 25(1), 51-66. <https://doi.org/10.14483/2256201X.17920>
- López, A. (2005). Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla.

- López, L. (1999). Un contexto de complejidad para la evolución del relieve. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (13), 11-27. Recuperado de: <https://n9.cl/y0ba1>
- López, R. (2002). Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. CIDIAT.
- López, R. y Ramiro, L., (2006) Ruralidad y educación rural. Referente para un programa de educación rural en la unidad pedagógica Nacional. *Revista colombiana de educación*, (51), 138-159. Recuperado de: <https://n9.cl/kiutb>
- Lozares, C. y López, P. (1991). El análisis de componentes principales: Aplicación al análisis de datos secundarios. *Revista de sociología; Núm.: 37 L'anàlisi multivariable de dades*, 37. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v37n0.1595>
- Maqueda, María., Carbonell, María., Flórez, E. y Flores, M. (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 4, 14-18 Recuperado de: <https://n9.cl/x5rnp>
- Margalef, R. (1956). Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Inv. Pesq.* 3: 99-106.
- Márquez, G. (2004). Mapas de un fracaso naturaleza y conflictos en Colombia. Bogotá DC, Colombia.
- Masto, R. E., Chhonkar, K., Dhyan Singh, D. & Patra, A. K. (2007). Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 130-142. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.008>
- Melo, A., Ciri, F., Ramírez, A., Delgadillo, A., Díaz, C., Saenz, F., Buitrago, C., Medina, C., Herrera, C., García, C., Parra, M., Alegría, F. y Solano, C. (2012). Estudio para la declaración de un área protegida de carácter público– regional en el sector de bosque seco del cañón del Chicamocha en jurisdicción de los municipios de Enciso, Capitanejo y San

- José de Miranda, departamento de Santander. Fundación Natura – Programa Conserva Colombia – FPAA – TNC. Bogotá, D.C. Colombia. 131 pp.
- Mendoza, H. (1999). Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región caribe y el valle del río Magdalena Colombia. *Caldasia* 21 (1), 70-94.
- Mercado-Gómez, J. (2016). Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sanguaré-Sucre (Colombia) / Structure and Floristic Composition of Tropical Dry Forest of Sanguaré-Sucre (Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 7(2), 43-56. <https://doi.org/10.19053/01217488.v7.n2.2016.4142>
- Meza Pérez, E. y Geissert Kientz, D., (2003). Estructura, agregación y porosidad en suelos forestales y cultivados de origen volcánico del Cofre De Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*.5 (2), 57-60. Recuperado de: <https://n9.cl/6ro2t>
- Michela, J. y Juárez, M. (2016). Caracterización de un bosque del centro oeste de la provincia de Chaco, Argentina. *Foresta Veracruzana*, 18(1), 33-44. Recuperado de: <https://onx.la/31f76>
- Mina, M. y Palencia, J. (2017). Transformación del bosque seco tropical y del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica el quimbo (Huila, Colombia) durante los años 2000 y 2016. Ingeniería geográfica y ambiental (tesis de pregrado). Universidad de ciencias aplicadas y ambientales (U.D.C.A), facultad de ingenierías, Bogotá D.C, Colombia. Recuperado de: <https://n9.cl/aj4hv>
- Minagricultura. (2019). Un campo para la equidad, política agropecuaria y de desarrollo rural 2018-2022.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial [Minambiente], (2015). Parque Nacional Natural Macuira. Recuperado de: <https://n9.cl/4ftpq>

- Molina, C. (2003). El patrimonio forestal mediterráneo: Componentes y valoración. *Bois et forets des tropiques*, (276), 2. 73-83.
- Moncada, M., Borda, A., Vieira, M., Alcázar, C. y González, R. (2020). Elevando la acción colectiva empresarial para la gestión integral del bosque seco tropical en Colombia. Bogotá: Min ambiente, ANDI, ANLA, Instituto Humboldt, TNC.
- Montes, G. (2000). Metodología y técnicas de diseño y realización de encuestas en el área rural. *Temas sociales*, 21: 39-50.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1*. Manuales y tesis SEA. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno, R., Villota, N., Gutiérrez, E., Marín, J., Zúñiga, J. y Linares, R. (2017). Protocolo 0 para la revisión y evaluación de planes de manejo forestal. Recuperado de: <https://onx.la/35b95>
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. 92.
- Murphy, P. y Lugo, A. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics* 17: 67-68.
- Ojeda-Quintana, L.J., Machado-Díaz, Y. y Bernal-Carrazana, Y. (2018). Índice de calidad del suelo en la Empresa Pecuaria El Tablón (Cienfuegos, Cuba). *Pastos y forrajes*, (41)1
- Olascuaga, D., Mercado, J. y Sanchez, L. (2016). Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en toluviejo-sucre (colombia). *Colombia Forestal*, 19(1), 23–40. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.1.a02>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2020). El estado de los bosques del mundo los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma, Italia: <https://doi.org/10.4060/ca8642es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma, Italia.

Oviedo-Celis, R. A. y Castro-Escobar. E. S. (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), e2230. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num3\\_art:2230](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2230)

Padilla, N. A. y Lara, A. E. (2017). Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(1), Article 1. <https://n9.cl/58zi3>

Pardo, M. y Moreno, R., (2018). El enclave seco del cañón del Chicamocha: biodiversidad y territorio. Fundación Natura. 192 p.

Peña, A., Rodríguez, C. y Suárez, J. (2013). Incidencia de niveles de intervención antrópica sobre propiedades químicas del suelo en coberturas de lomerío (Caquetá, Colombia). *Ingenierías y Amazonia* 6 (1), 5 - 14. Recuperado de: <https://n9.cl/5ona>

Pérez-Ramírez, S., Ramírez, M. I., Jaramillo-López, P. F. y Bautista, F. (2013). Contenidos de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales. Reserva de la biosfera mariposa monarca, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XIX (1), 157-173. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.06.042>

- Pezoa, A. (2001). Estrategias de conservación de la diversidad biológica. En G. Arancio y J. Gutierrez (Eds.), *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación. Región de Coquimbo* (273-280). La Serena, Chile.
- Pizano, C. & García, H. (2014). El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá (Colombia) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá (Colombia).
- Pizano, C., González, R., Hernández, A. y García, H. (2017). Agenda de investigación y monitoreo en bosques secos de Colombia (2013-2015): fortaleciendo redes de colaboración para su gestión integral en el territorio. *Biodiversidad Practica* 1(2), 46-86. Recuperado de <https://n9.cl/13rkj>
- Porras, Á. C. y González, A. R. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad*, 9(2), 90-107. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Quiroga, J., Roa, H., Melo, O. y Fernández, F. (2019). Estructura de fragmentos de bosque seco tropical en el sur del departamento del Tolima, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 23(1), 31-51. Recuperado de: <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.2>
- Quiroga, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile: Editorial Naciones Unidas.
- Ramírez, J. y Tarborda, A. (2014). Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. *Producción + Limpia* (9) 1, 99-114. Doi: <http://dx.doi.org/10.22507/pml.v9n1a8>

- Reque, J., Sarsola, M., Gyenge, J. y Fernández, M. (2007). Caracterización silvícola de piñarantales del norte de la Patagonia para la gestión forestal sostenible. *Bosque* 28(1):33-45. Recuperado de: <https://n9.cl/c7nt>
- Reyes, M. L. (2001). Degradación de suelos en Sonora: el problema de la erosión en los suelos de uso ganadero. *Región y sociedad*, 13(22), 73-97.
- Rodríguez, M. (2019). Nuestro planeta nuestro futuro. Bogotá DC, Colombia: Editorial Géminis SAS.
- Rodríguez, N., Pabón, J., Bernal, N. y Martínez, J. (2010). Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia y Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Bogotá, D. C., Colombia. 80 p.
- Rojas, A. (2013). Verificación de coberturas de bosque seco tropical en el nodo norandino, (Santander y Norte de Santander). 36.
- Ruiz, J. y Fandiño, M. (2009). Estado del Bosque Seco Tropical e Importancia Relativa de su Flora Leñosa, Islas De La Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe Suroccidental. *Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*. 33. 1-15. Recuperado de: <https://n9.cl/4fp12>
- Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación Sexta edición. México D.F, México: The McGraw-Hill.
- Sanchún, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R., Carola. y Spindola, M. (2016). Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas. UICN, San José, Costa Rica. XIV.

- Santibañez, 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. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000200015>
- Shannon, C. y Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.
- Soil Survey Staff. (SSS) (1999). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2a. Ed. Agriculture Handbook N° 436. USDA. Washington D. C. 869 p.
- Suárez, S. y Orlando V. (2019). Composición florística y relaciones ecológicas de las especies de borde, parches y árboles aislados de un bosque seco tropical en Colombia. Implicaciones para su restauración ecológica." *caldasia* (41).1, 28-41.
- Tenjo Galarza, J. y Jaimes, C. A. (2018). Ingresos y educación en el sector rural colombiano. *Revista de Economía Institucional*, 20(38), 209. <https://doi.org/10.18601/01245996.v20n38.09>
- Thompson, L. y Troeh, F (2017). Los suelos y su fertilidad. Barcelona, España: Editorial Reverte.
- Torres, A. M. T., Adarve, J. B., Cárdenas, M., Vargas, J. A., Londoño, V., Rivera, K., Home, J., Duque, O. L. y González, Á. M. (2012). Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2), Article 2.
- Torres, S., Díaz, J., Villota, A., Gómez, W. y Avella, A. (2019). Diagnóstico ecológico, formulación e implementación de estrategias para la restauración de un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia). *Caldasia*.41(1):42-59. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71275>

- Ulloa, G. (2016). Aspectos ecológicos del bosque seco tropical en el Caribe colombiano. Bogotá D.C, Colombia, Tropenbos Internacional Colombia y Fondo Patrimonio Natural. Recuperado de: <https://n9.cl/atc0e>
- Universidad Industrial de Santander [UIS]. (2011). Diagnóstico dimensión biofísico ambiental territorial de Santander 2030. Grupo de investigación sobre desarrollo regional y ordenamiento territorial.
- Van Miegroet, H. & Johnson, D. W. (2009). Feedbacks and synergism among biogeochemistry, basic ecology, and forest soil science. *Forest Ecology and Management*, 258(10), 2214-2223. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.007>
- Velázquez, R. V., Zúñiga, K. M., Garcet, Y. B. y Valle, W. J. (2020). Relaciones interdisciplinarias para el estudio del suelo en la parroquia rural La América. (Original). *Roca. Revista científico - educacional de la provincia Granma*, 16, 702-716.
- Vergara, J., Castro, J., Gallardo, G., Castillo, B., Altohana, A., Claro, M., Trespalacios, J., Barrera, E., Medrano, E., Carrillo, R. y Guevara, J. (2004). Vía parque Isla Salamanca. *Parques Nacionales Naturales de Colombia. Barranquilla (Atlántico)*. 144 p
- Vergara-Buitrago, P. A. (2018). Los saberes campesinos como estrategia de desarrollo rural en la serranía de los Yariguíes (Santander, Colombia). *In Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 38(2). <http://dx.doi.org/10.5209/AGUC.62488>
- Wadsworth, F. (2000). *Producción forestal para américa tropical*. Washington, DC. Estados Unidos de Norteamérica.
- Wymore, A. W. (1993). *Model-Based System Engineering: An introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the Tricotyledon theory of systems desing*. Boca Raton, Florida, EE.UU. CRC Pres. 710 p.

### **Apéndices**

La información contenida apéndices se presenta en archivo adjunto.