



Actividad antrópica, calidad del suelo y estado de conservación de relictos de bosque seco tropical en Enciso Santander, Colombia

Anthropic activity, soil quality and conservation status of tropical dry forest relicts in Enciso Santander, Colombia

Belcy Viviana Gómez-Pacheco¹ ; Cristian Guerrero-Valderrama¹ ; Doris Duarte-Hernández² ;
Ricardo Andrés Oviedo-Celis^{2*}

¹Universidad Industrial de Santander; Málaga - Santander, Colombia; e-mail: belcyviviana01@gmail.com; valderramaguerrero@gmail.com

²Universidad Industrial de Santander; Programa Ingeniería Forestal, Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED. Málaga - Santander, Colombia; e-mail: dduarte@correo.uis.edu.co; raovicel@correo.uis.edu.co

*autor de correspondencia raovicel@correo.uis.edu.co

Cómo citar: Gómez-Pacheco, B.V.; Guerrero-Valderrama, C.; Duarte-Hernández, D.; Oviedo-Celis, R.A. 2025. Actividad antrópica, calidad del suelo y estado de conservación de relictos de bosque seco tropical en Enciso Santander, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 28(1):e2378. <http://doi.org/10.31910/rudca.v28.n1.2025.2378>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada en Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional

Recibido: marzo 13 de 2023

Aceptado: junio 9 de 2025

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

El bosque seco tropical y el suelo que lo soporta son recursos naturales estratégicos para la vida; no obstante, el desarrollo histórico de actividades productivas ha afectado este ecosistema forestal, lo que compromete el aporte de servicios ecosistémicos. Esta situación amerita una reflexión integral para comprender y mitigar esta problemática. El presente trabajo tuvo como objeto analizar la influencia antrópica en la calidad del suelo y conservación del bosque seco en Enciso - Santander, Colombia. Se caracterizó un grupo de propietarios campesinos en aspectos socioeconómicos y ambientales, fincas donde se establecieron unidades de muestreo para el bosque seco y fueron colectadas muestras de suelo, a una profundidad de 0 - 30 cm en bosque y áreas productivas, para analizar propiedades físicas, químicas y biológicas. Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva e inferencial, que revelaron relaciones entre el suelo, el bosque y las comunidades. Los resultados indicaron que las comunidades campesinas no tienen un nivel óptimo de calidad de vida y existe una correlación directa de uso del suelo y del bosque, influenciada por la cultura y tradición ancestral. Algunas propiedades físicas y químicas definieron la alta calidad del suelo forestal. Se observó una relación directa entre la estructura, la población y los problemas socioambientales, que confirmaron la influencia de la actividad antrópica sobre la calidad del suelo y el bosque seco. La información aportada es referente para la gestión edáfica y forestal en zonas secas del trópico, a nivel nacional.

Palabras claves: Comunidades rurales; Degradación ambiental; Gestión forestal; Manejo agrícola; Suelo forestal.

ABSTRACT

The tropical dry forest and the soil that supports it are strategic natural resources for life. However, the historical development of productive activities has affected this forest ecosystem, compromising the provision of ecosystem services. This situation warrants a comprehensive reflection on understanding and mitigating this problem. The present work aimed to analyze the anthropogenic influence on soil quality and conservation of the dry forest in Enciso, Santander, Colombia. A group of peasant landowners was characterized in socioeconomic and environmental aspects, farms where sampling units were established for the dry forest, and soil samples were collected at 0 - 30 cm depth in forest and productive areas to analyze physical, chemical, and biological properties. Data were processed using descriptive and inferential statistics that revealed relationships between soil, forest, and communities. The results indicate that rural communities do not have an optimal quality of life, and there is a direct correlation between land and forest use, influenced by culture and ancestral tradition. Some physical and chemical properties defined the high quality of the forest soil. A direct relationship was observed between structure, population, and socio-environmental problems, confirming human activity's influence on soil quality and the dry forest. The information provided is a reference for soil and forest management in dry tropical areas nationwide.

Keywords: Agricultural management; Environmental degradation; Forest land; Forest management; Rural communities.

INTRODUCCIÓN

El Bosque Seco Tropical (BST) es un ecosistema presente en regiones con estacionalidad hídrica marcada y elevada temperatura, condiciones que generan una evapotranspiración mayor a la precipitación (Suárez-R. & Vargas-R., 2019). El BST alberga gran biodiversidad, la mayoría endémica y adaptada para sobrevivir en condiciones de oferta ambiental extrema, como altas temperaturas y déficit hídrico (Banda-R. *et al.* 2015; Berdugo-Lattke, & Rangel-Ch, 2015; Pardo & Moreno, 2018). Según Miles *et al.* (2006), el 54,2 % del área de este ecosistema se concentra en Suramérica, conformada por fragmentos, en su mayoría, en condiciones críticas de conservación (FAO, 2020), a causa de la agricultura y ganadería, los cuales, son reconocidos como motores de la transformación, degradación y pérdida, no solo del ecosistema sino del suelo que lo soporta (Alvarado-Solano & Otero Ospina, 2015).

En Colombia, las actividades productivas agropecuarias han reducido la extensión del BST al 8 % del ecosistema original (García & González, 2019), situación que compromete la sostenibilidad de este patrimonio forestal y de los territorios donde el ecosistema se presenta como cobertura natural. El uso y manejo del suelo crea una relación directa entre comunidades rurales y las actividades productivas desarrolladas a diferente escala espacial y temporal; sin embargo, la conversión del BST a manejos diferentes al forestal, promueve la reducción de capacidad productiva del suelo y del potencial de rentabilidad para los agricultores en el tiempo (Mesa-Sierra *et al.* 2022).

Al respecto, Kyok *et al.* (2006) mencionan que las actividades antrópicas impactan no solo la cobertura vegetal y el suelo, también alteran otros componentes biofísicos del ecosistema, situación que reduce el aporte

de bienes y servicios ecosistémicos, incrementan las emisiones de gases de efecto invernadero, transforma el paisaje rural, aumenta la pobreza humana y altera el clima, aspectos con implicaciones ambientales y sociales, que comprometen la sostenibilidad y calidad de vida en estos territorios.

En la región Nororiental de Colombia, específicamente el departamento de Santander y el municipio de Enciso, el BST corresponde a relictos en un paisaje con alto grado de fragmentación, resultado de la implementación de manejos agropecuarios, por las comunidades que allí habitan. La información de la influencia que tienen las comunidades campesinas y las actividades productivas que realizan sobre el estado de conservación del BST y la calidad del suelo en esta región del país, es escasa.

Esta investigación analiza la relación sociedad-bosque-suelo, mediante la caracterización de unidades de producción familiar rural, para luego establecer las condiciones actuales de calidad del suelo y estado de conservación de relictos de bosque seco tropical. Este abordaje busca comprender de forma integral el vínculo de uso de estos recursos naturales en el contexto espacial de estudio. Los resultados generados aportan información base, para definir acciones de gestión forestal y edáfica en esta región del país, que fortalezcan la gobernanza local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La vereda Juncal municipio de Enciso Santander, se localiza a 6°36'16" N, 72°42'30" W, a 1215 m s.n.m., con una precipitación promedio anual de 1.300 mm y temperatura media 25 °C (Figura 1). Los suelos, se clasifican como inceptisoles con pendientes entre el 30 a 50 %, característicos de la cuenca media del río Servitá.

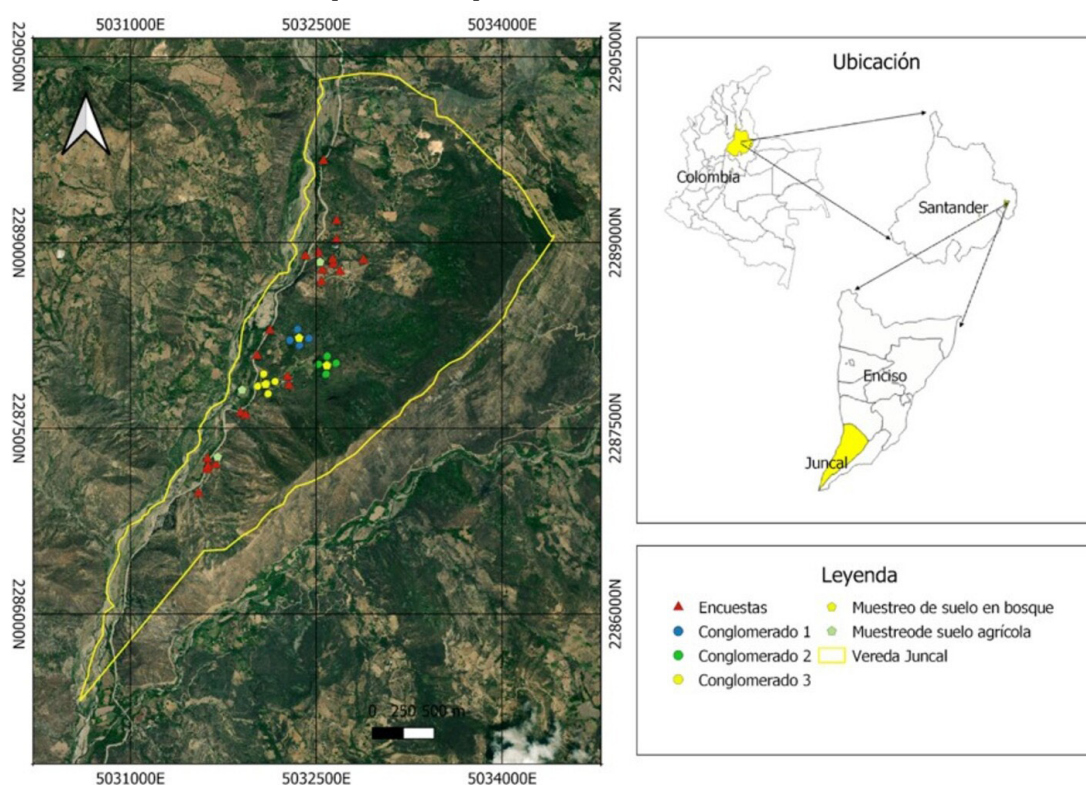


Figura 1. Área de estudio, ubicación puntos muestreo de suelo, conglomerados BST y encuestas comunidad. Vereda Juncal Enciso - Santander, Colombia.

Caracterización social. Fueron seleccionadas al azar 24 de 36 familias que habitan la vereda Juncal, donde se aplicó un instrumento de campo tipo encuesta, estructurado en aspectos sociales, ambientales, económicos y técnicos. Para la caracterización de las Unidades de Producción Familiar Rural (UPFR), se adaptó la propuesta de indicadores de Oviedo-Celis & Castro-Escobar (2021).

Muestreo de suelo. Fueron colectadas seis muestras compuestas de suelo a una profundidad de 0-30 cm extraídas con barreno, tres en manejos agrícolas, donde se implementaron cultivos transitorios de tomate, melón, plátano y yuca y tres en manejos forestales del BST, clasificados según la presencia de tensionantes, así: T1 presencia de caprinos, T2 baja intervención y caminos, y T3 presencia de vía secundaria rural.

Las muestras fueron analizadas para determinar propiedades químicas, como el potencial de hidrógeno (pH), por el método electrométrico relación 1:1 agua destilada; para el carbono orgánico (CO %) se empleó el método colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$; el fósforo disponible (P), por el método colorimétrico: Bray II. HCl 0,1 N-NH₄F 0,03 N; el calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K), por absorción atómica; la capacidad de intercambio catiónico (CIC), por extracción: acetato de amonio y la conductividad eléctrica, mediante método electrométrico: agua destilada.

En el caso de las propiedades físicas, la textura se determinó por el método de Bouyoucos tamiz de 2 mm; para la densidad aparente (Da), se empleó el método de cilindro con volumen conocido; la densidad real (Dr), por el método de picnómetro; la humedad gravimétrica (HG), mediante secado en horno a 105 °C, por 8 horas; la humedad volumétrica (HV) como la relación de volumen de agua y suelo conocidos y la porosidad total (Pt), como la relación entre Da y Dr.

Las propiedades biológicas solo se tuvieron en cuenta el número de individuos, determinado por conteo directo en campo, para cada punto de muestreo.

Índice de calidad del suelo. El índice de calidad de suelo aditivo (ICSA) se determinó según Andrews *et al.* (2002) (Ecuación 1) y se clasificó, según Cantú *et al.* (2007).

$$ICSA = \frac{\sum n_1 + n_2 + n_3 + n_n}{N} \quad \text{ecuación 1}$$

Donde:

n_n : Valor normalizado indicador n

N: Número total de indicadores de CMD

Muestreo forestal. El grado de conservación en los relictos de BST se determinó a partir de tres unidades de muestreo, denominados conglomerados, establecidos bajo la metodología del IDEAM (2018), en los que se midieron las variables diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total por individuo. Para las categorías, fustal y fustal grande se determinó la abundancia, frecuencia, dominancia y el índice de valor de importancia simplificado (IVIS). En brinzales y latizales se calculó abundancia y frecuencia relativa, así como índices de diversidad biológica.

La estructura vertical se calculó de acuerdo con el valor fitosociológico por estrato y especie, para posteriormente obtener la posición sociológica absoluta y relativa; al final, se calculó el índice de valor de importancia ampliado (IVIA), para analizar la importancia ecológica de las especies en todas las categorías diamétricas (Melo & Vargas, 2003; Kees *et al.* 2021).

Análisis multicriterio. Los datos generados del muestreo del forestal fueron analizados a partir de siete indicadores, conformados por cuatro verificadores, valorados en una escala de 1 a 3, donde 1 correspondió al más bajo estado del verificador y 3, al mejor, metodología adaptada de CINFA (2006) (Tabla 1). El estado de conservación ideal estaría dado por una puntuación máxima de 84, equivalente al 100 % y, sobre el cual, se definieron rangos, así: 0 – 33,3 %, baja conservación; 33,4 – 66,6 %, regular conservación y 66,7 – 100 %, buena conservación.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos del instrumento de campo fueron procesados mediante estadística descriptiva de tendencia central. Para las propiedades del suelo, inicialmente, se validaron supuestos de normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk; seguido, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, para establecer diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las propiedades del suelo y conformar el conjunto mínimo de datos (CMD), que fue posteriormente normalizado en rangos de 0 a 1, mediante funciones de puntuación no lineal. Por último, los indicadores del suelo y del BST se sometieron a una prueba de correlación de Pearson, para evaluar su relación y las implicaciones que esto tiene, sobre la gestión integral del patrimonio edáfico y forestal en la zona de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización unidades de producción familiar rural

Estructura familiar y educación. La estructura de las familias presentes en las (UPFR) se conforman de padres y cuatro hijos, en un 54 %; el 12,5 %, por padres y más de cuatro hijos y un 33,3 %, por personas solas y estructuras diferentes al patrón normal (padres e hijos), donde conviven abuelos, nietos, tíos e hijos, entre otros.

La cobertura en educación básica y media es del 77,6 % y el acceso a niveles de formación profesional es bajo, solo el 8,2 % de la muestra tuvo esta posibilidad de estudio. Al respecto, López Ramírez (2006) y Pérez Pinzón (2021) indican que los niveles de cobertura en educación son precarios para el sector rural en Colombia y limitan en comunidades juveniles rurales proyectos de vida a largo plazo.

Tenencia, extensión y usos de la tierra. La tenencia y habitabilidad de las UPFR por propietarios se dio en el 50 % de los predios; las restantes fincas habitadas corresponden a vivientes o aparceros, donde se establecen acuerdos previos de remuneración económica por su uso en un tiempo determinado, modalidades de tenencia que, Triviño Bedoya *et al.* (2020), reportan como predominantes en la región Andina; sin embargo, es reflejo del problema de acceso a tierras en esta región del país.

Tabla 1. Indicadores y verificadores empleados análisis multicriterio, para estimar la conservación del Bosque Seco Tropical (BST) en cada conglomerado, vereda Juncal del municipio de Enciso - Santander, Colombia.

Indicador	Verificador
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 sub-productos 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 (1 km)	Presencia de nacimientos de agua
	Presencia de corrientes de agua
	Estacionalidad de agua en quebradas
	Estacionalidad de agua en nacimientos
Problemática socioambiental	Conflicto por actividad de minería
	Conflicto por uso agropecuario
	Conflicto por disponibilidad del recurso hídrico
	Conflicto por tenencia de la tierra

La extensión de predios en un 80 % corresponde a minifundios entre 1 a 3 ha y concuerda con Segrelles Serrano (2018) & Pachón Ariza (2021), para quienes este patrón de extensión de predios es común en el país y se concentra mayormente en regiones, como la Andina. El uso agrícola se dio en lotes de 1 a 2 ha, donde se establecen cultivos de mango, maracuyá, plátano, tomate, melón y yuca, cuyo manejo es agroquímico en fertilización y control fitosanitario. La cría de bovinos, aves, cerdos y caprinos, en promedio, se desarrollan en 1 ha y son implementadas por generar retornos de inversión rápidos y flujos de caja frecuentes. Las actividades agropecuarias no tienen registro de inversiones en cada uno de los ciclos de producción, ni tampoco cuentan con infraestructura tecnificada, situación igualmente reportada por Castro-Castro *et al.* (2021), en fincas de Lebrija, Santander, donde estos aspectos se identifican como limitantes de la sostenibilidad económica.

Condiciones económicas. La participación de la población juvenil en las actividades productivas se percibió como favorable para la rentabilidad de las fincas en la zona, esto coincide con Rojas-Cano *et al.* (2021) y Sandoval Genovez *et al.* (2022), quienes consideran que los jóvenes rurales son actores vitales en la dinámica económica de las fincas; sin embargo, en ocasiones no se da por la dificultad que implica el relevo generacional.

Como estrategia para mitigar costos, en la vereda son frecuentes los acuerdos de cooperación entre fincas donde se benefician todos los productores, al permitirles intercambiar mano de obra o herramientas. Bajo este contexto, el 83 % de los habitantes manifiestan que las actividades productivas desarrolladas les permiten disponer de los recursos necesarios para suplir demandas básicas, sin que esto implique un nivel alto de solvencia económica.

También, reconocen que las condiciones pueden ser mejores, pero los altos precios de insumos y materias primas, así como los bajos precios de venta en algunas épocas, comprometen las ganancias.

Relaciones de los habitantes con los recursos naturales. La protección y conservación de los recursos naturales se enfoca al cuidado del agua y la siembra de árboles en rondas hídricas, iniciativas que, para Andrade C. *et al.* (2017), son frecuentes en comunidades rurales de zonas secas del trópico y valoradas por el aporte de servicios ecosistémicos. Los residuos de cosecha son aprovechados en el 80 % de las fincas para la producción de abonos orgánicos empleados en cultivos; no obstante, el volumen de estos materiales no es alto, por tanto, no es tenido en cuenta como un insumo constante para adecuar los suelos. Respecto del BST, los habitantes reconocen la presencia del ecosistema en sus fincas, donde no supera 1 ha y lo valoran como hábitat de fauna y flora local.

El vínculo directo con el BST se dio por el uso que hacen de la leña de forma selectiva para la preparación de alimentos y que, Ramírez Quirama & Tabora Vergara (2014), reportan como una actividad común en la región Andina, donde aún se depende de estos combustibles. Finalmente, la vereda no cuenta con un programa de asistencia técnica, que permita a los cultivadores, mejorar la relación de uso del suelo con las actividades productivas, en un

marco que contribuya al manejo integral y sostenible del territorio y los recursos naturales.

Indicadores del suelo y conjunto mínimo de datos

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis mostraron diferencias significativas ($p<0,05$) para cinco indicadores físicos (HG, HV, Pt, Da y Dr) y dos químicos (CO, Mg), a partir de los cuales, se conformó el conjunto mínimo de datos (CMD) (Tabla 2), similar a lo reportado por Valbuena-Calderón *et al.* (2017), quienes, en suelos bajo diferentes manejos al sur de Colombia, no incluyen indicadores biológicos en el CMD.

Condición de calidad del suelo. La calidad del suelo se clasificó según el ICSA en el BST como alta (0,8), contrario al manejo agrícola donde fue moderada (0,5) (Tabla 3). Estos valores que coinciden con Aguirre-Forero *et al.* (2018), quienes estudiaron la calidad del suelo para estos manejos en la región Caribe de Colombia. El resultado de calidad del suelo en el manejo forestal no fue el óptimo esperado para una cobertura considerada por Paz-Kagan *et al.* (2014), Guo *et al.* (2018) y Zeraatpisheha *et al.* (2020), referente de calidad respecto de otras tipologías de manejo, donde la intervención antrópica es constante sobre el suelo.

Tabla 2. Valores medios de indicadores químicos, físicos y biológicos del suelo, en manejo agrícola y forestal vereda Juncal del municipio de Enciso - Santander, Colombia.

Manejo	pH	CO	P	Ca	Mg	Na	K	CIC	CE	HG	HV	Pt	Da	Dr	# Ind
		%	meq/100g						mhos/cm	%			g/cm³		
Agrícola	6,37a	1b	35,33a	7,5a	1,46b	0,03a	0,33a	9,87a	0,08a	3,03b	4,16b	60,0b	1,0a	2,5a	21,67a
Forestal	6,07a	2,43a	21,07a	10,21a	3,19a	0,05a	0,75a	14,93a	0,1a	13a	12,55a	43,0a	1,3b	2,1b	31,33a

Profundidad de muestreo: 0 - 30 cm. pH: potencial de hidrógeno en agua, CO: carbono orgánico, P: fósforo, Ca: calcio, Mg: magnesio, Na: sodio, K: potasio, CIC: capacidad de intercambio catiónico, CE: conductividad eléctrica, HG: humedad gravimétrica, HV: humedad volumétrica, Pt: porosidad total, Da: densidad aparente, Dr: densidad real, #Ind: número de individuos del suelo.
Valor medio con igual letra no presentan diferencia significativa entre manejos. Prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Tabla 3. Indicadores de la calidad del suelo en manejos agrícola y forestal, vereda Juncal municipio de Enciso - Santander, Colombia.

Indicador	Vn manejo agrícola	Vn manejo forestal	ICSA manejo agrícola	ICSA manejo forestal
CO %	0,3	0,7	0,5	0,8
Mg meq/100g	0,3	0,7		
HG %	0,5	0,7		
HV %	0,2	0,7		
Pt %	0,3	0,9		
Da g/cm ³	1	1		
Dr g/cm ³	1	1		

CO: carbono orgánico, Mg: magnesio, HG: humedad gravimétrica, HV: humedad volumétrica, Pt: porosidad total, Da: densidad aparente, Dr: densidad real.

Los indicadores en el BST fueron más homogéneos al presentar valores de normalidad entre 0,7 a 1; sin embargo, CO, Mg, HG y HV se clasifican en alta calidad, nivel anterior al óptimo esperado, resultado asociado a bajos aportes de materia orgánica, así como del déficit hídrico, que caracteriza el bosque en el trópico seco (Muñoz-Rojas *et al.* 2021). De igual forma, la extracción de leña puede ser un factor que influyó sobre la calidad del suelo, al realizarse sin un manejo silvicultural, que evite el desequilibrio de la composición y estructura del BST, aspectos importantes en la dinámica del carbono.

El suelo con manejo agrícola presentó valores inferiores normalizados respecto del BST, para CO, Mg, HG, HV y Pt; en este caso, las condiciones son críticas y repercuten en la relación nutricional suelo-planta, estabilidad del pH, disponibilidad hídrica y la estabilidad de agregados, aspectos que, según Núñez-Ravelo *et al.* (2021), pueden ser revertidos si el suelo contara con mayores contenidos de CO; no obstante, el contexto de manejo social y técnico, así como el tipo de coberturas implementadas en la vereda Juncal no lo permiten, al ser una actividad productiva sin planificación y desarrollada bajo modelos de cultivo tradicionales.

Respecto de la HG, HV, Pt y Mg, este manejo evidenció cómo la conversión del suelo forestal a cultivos transitorios modificó los

contenidos de humedad y dificultan el equilibrio hídrico en estas zonas, donde las pérdidas por evapotranspiración pueden causar impactos negativos sobre el suelo y las coberturas implementadas. El manejo agrícola se caracterizó por un alto grado de compactación del suelo y coincide con Yang *et al.* (2022), para quienes las prácticas convencionales de manejo implementadas en suelos agrícolas promueven esta condición que impacta el funcionamiento mecánico del recurso, así como la productividad de los cultivos establecidos.

Conservación relictos bosque seco tropical. El análisis multicriterio no evidenció un estado ideal de conservación para ningún conglomerado (Figura 2). El mayor porcentaje se presentó en CG2, con 80,95 % y lo clasifica en estado bueno de conservación, al igual que CG1, con 73,81 %; en cambio, el panorama difiere para CG3, con 60,71 %, rango que lo ubica como bajo. El conglomerado CG2 presentó los valores más cercanos a las condiciones ideales planteadas en cada indicador, donde la presencia de tres estratos, número similar de individuos en latizales y fustales y la regeneración natural fueron aspectos que explican esta condición. Esto concuerda con los reportes de Herazo Vitola *et al.* (2017), quienes, para la región de los Montes de María en Sucre, Colombia, clasificaron en buen estado de conservación bosques con estratos arbóreos definidos y presencia de sotobosque.

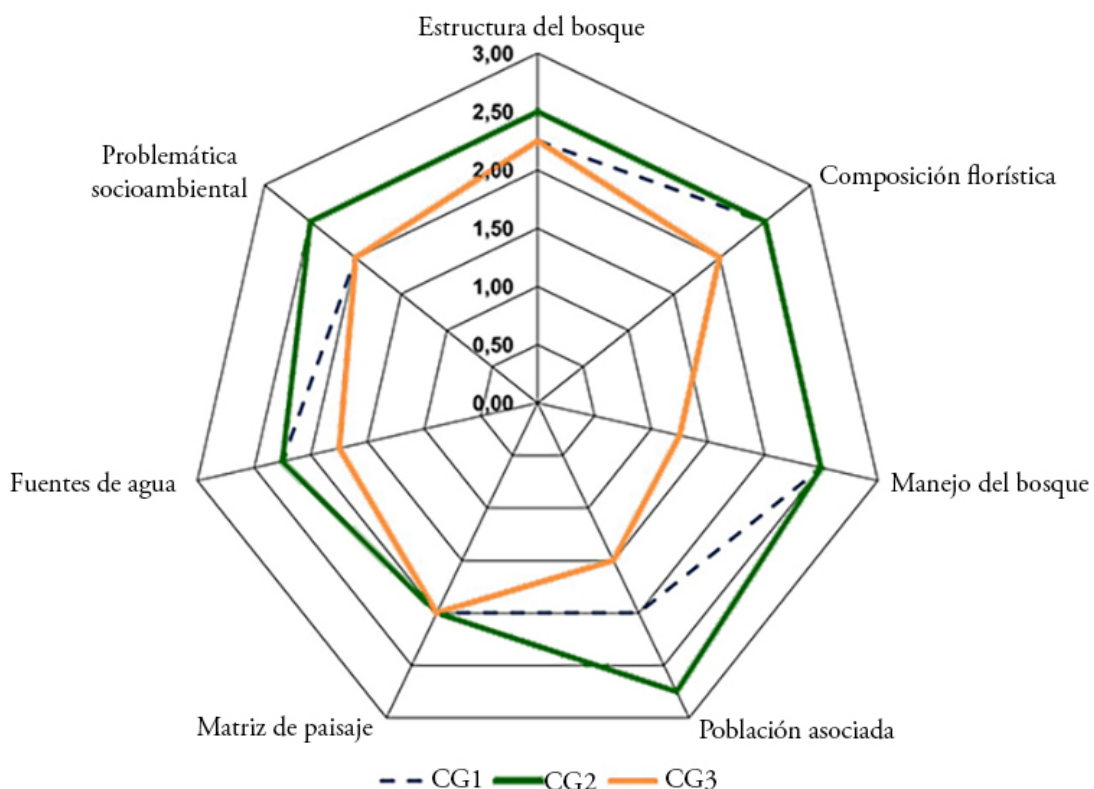


Figura 2. Indicadores de conservación del Bosque Seco Tropical (BST), vereda Juncal, municipio de Enciso - Santander, Colombia.

CG1, CG2, CG3: Conglomerados 1, 2 y 3.

Los tres conglomerados presentaron valores de IVIA no mayores al 50 %, considerado alto sobre una base de interpretación promedio de 53,2 %. Las especies más representativas por conglomerado fueron *Amyris sylvatica* Jacq, 100 %, en CG2; *Piptadenia* sp., 100 %, en CG1 y en CG3 *Neltuma juliflora* (Sw.), reportadas en los estudios de Pizano & García (2014), Pardo & Moreno, (2018) y Quiroga *et al.* (2019), quienes las catalogan como estratégicas para la conservación de los bosques secos en Santander.

Los conglomerados presentaron una tendencia a la homogeneidad con valores de CM entre 0,10 y 0,30 y los índices de diversidad alfa, reflejaron baja diversidad de especies. Respecto a la composición florística, los conglomerados presentaron entre 8 a 12 especies; en CG1 y CG2 se observó mayor riqueza florística de especies nativas y ausencia de invasoras, a diferencia de CG3, donde se identificó espino de cabro *Vachellia farnesiana* (FJ Herm.) Seigler & Ebinger.

La valoración de bienes y servicios ecosistémicos fue alta en los conglomerados CG2 y CG1, donde se identificó la importancia estratégica que tiene el BST en la calidad de vida de las comunidades campesinas. Con relación a los agentes tensionantes, solo CG2 no reportó alguno de los tensionantes del análisis. El manejo no estabulado de caprinos se identificó como el más crítico tensionante para la zona y solo se presentó en CG1. Al respecto, Pizano & García (2014) reportan el manejo no estabulado de caprinos, a nivel nacional, como un tensionante que causa, a corto plazo, la homogenización del bosque, por afectación en la regeneración natural. Para este conglomerado no se reportan caminos internos de tránsito de habitantes, contrario a CG3, donde fueron identificados caminos internos y externos que, según Santibañez-Andrade *et al.* (2015), repercuten sobre la estructura y la composición del bosque, al facilitar el ingreso de especies invasoras y el incremento de otros tensionantes, aspectos, sobre los cuales, es necesario adelantar acciones de gestión ambiental, que permitan su control y mitigación.

La población asociada cumple un papel determinante en los conglomerados, por la relación de uso que se da con el componente forestal. Para Cárdenas-Camacho *et al.* (2021) es un indicador donde el rol de las comunidades es relevante por la contribución que estas hacen a la conservación BST, razón por la cual, debe ser objeto de fortalecimiento dentro de la gestión de tierras. El conglomerado CG3 tuvo la mayor presencia de habitantes, con 20 hab/km², para CG1 y CG2 este indicador fue de 10 y 15, respectivamente, situación que, en el caso del CG3, 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.

Para la matriz del conglomerado y su área circundante, se identificaron condiciones similares en los CG1 y CG2, relacionadas con la degradación y la fragmentación percibida. Se observó, una afectación mediana inferida por áreas de pastoreo y en menor proporción a cultivos, condición que genera impacto visual favorable del conglomerado, al distinguirse la cobertura forestal.

En el CG3 se observó una mayor afectación de este indicador, por tratarse de áreas en estado de abandono, con manejo limitado del suelo y predominio de estructuras semiabiertas y herbazales. Además, se tuvieron en cuenta las problemáticas socioambientales diferenciadas para cada conglomerado y su área aledaña. Para los CG2 y CG3, no se identificaron problemáticas; caso contrario, se identificó en el CG1, donde se adelantan actividades mineras, como fabricación de ladrillo y extracción de carbón, que impactan el paisaje.

Relación indicadores BS -T y edáficos. La correlación entre indicadores forestales y del suelo mostró una relación directa y significativa ($r \geq 0,8$) de la estructura del BST, la población asociada y la problemática socioambiental (Figura 3), respecto de la Pt y Da, para el suelo agrícola y el CO, Mg, HG y HV, en suelo forestal, resultado que coincide con lo encontrado por Aguirre *et al.* (2019), quienes reportan el aumento de la Da en función de la presión antrópica en zonas secas del trópico, a causa de manejos agrícolas implementados bajo modelos no sostenibles, como los identificados en la vereda Juncal. Del mismo modo, el contenido de CO es producto de la forma de uso del BST, que hacen comunidades rurales sobre este manejo. En tal sentido, González-Pedraza & Dezzio (2011) coinciden en la función que cumple en el suelo esta propiedad al mejorar múltiples procesos internos vitales para su conservación y reconocen que su presencia está asociada a los tres indicadores, reportados en el presente estudio.

Respecto del contenido de humedad, los resultados concuerdan con los encontrados por Díaz (2006), para quien la estructura del bosque depende de la humedad del suelo, al incidir en su crecimiento y desarrollo, más aún, en las condiciones de estacionalidad hídrica, donde está presente el ecosistema, que se puede extender por ocho meses. Las variables, en general, no muestran correlación lineal negativa perfecta ($r=-1$); sin embargo, se presentaron algunas correlaciones inversas entre indicadores del manejo agrícola del suelo.

Los resultados del estudio permiten concluir que las comunidades campesinas de la vereda Juncal dependen de actividades agrícolas de pequeña escala productiva; sin embargo, el contexto en que las desarrollan no es el óptimo en términos de sostenibilidad. La evaluación de calidad del suelo mostró cómo el manejo forestal puede ser asumido como contraste, respecto de un manejo agrícola que afecta al recurso suelo, según los hallazgos de la Pt, HG, HV, CO, Da y Dr, indicadores que reflejaron esta condición.

Por último, la relación comunidad y suelo evidencia cómo las actividades antrópicas influyen sobre el estado de conservación de los relictos de BST y el suelo en esta región de Santander, información, sobre la cual, se pueden establecer lineamientos de gestión integral de patrimonio ambiental, edáfico y forestal.

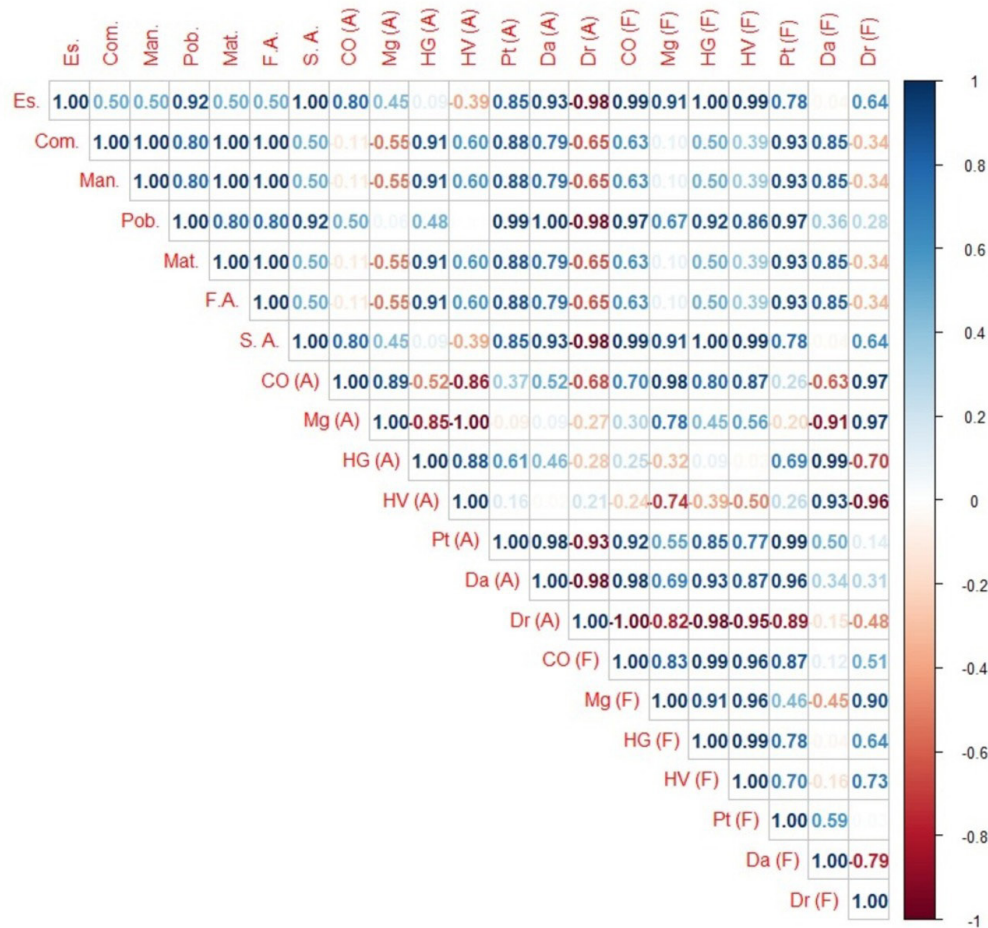


Figura 3. Correlograma de Pearson ($p \geq 0,05$) de los indicadores del Bosque Seco Tropical (BST).

Es: Estructura del bosque, Com: Composición florística, Man: Manejo del bosque, Pob: Población asociada, Mat: Matriz de paisaje, F.A: Fuentes de agua, S.A: Problemática socioambiental. Indicadores suelo. CO: Carbono Orgánico, Mg: Magnesio, HG: Humedad Gravimétrica, HV: Humedad Volumétrica, Pt: Porosidad Total, Da: Densidad Aparente, Dr: Densidad Real. A: Manejo agrícola, F: Manejo forestal.

Agradecimientos. A los habitantes de la vereda Juncal, por su apoyo y colaboración durante la fase de campo. Contribuciones de los autores. Belcy Viviana Gómez Pacheco: investigación y metodología; Cristian Guerrero Valderrama: investigación y metodología; Doris Duarte Hernández: investigación y supervisión; Ricardo Andrés Oviedo Celis: conceptualización, investigación y redacción - borrador original. Conflicto de intereses. Los autores manifiestan no tener ningún tipo de conflicto que comprometa los resultados generados del estudio. Su construcción es producto del trabajo colectivo y están de acuerdo con su publicación.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, S.E.; PIRANEQUE, V.; 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-FORERO, S.; PIRANEQUE-GAMBASICA, N.V.; VÁSQUEZ-POLO, J.R. 2018. Características edáficas y su relación con usos del suelo en Santa Marta, Colombia. *Entramado*. 14(1):242-250.
- ALVARADO-SOLANO, D.P.; OTERO OSPINA, J.T. 2015. Distribución espacial del bosque seco tropical en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 20(3):141-153. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.46703>.
- ANDRADE, C.H.; SEGURA, M.M.A.; SIERRA, R.E. 2017. Percepción local de los servicios ecosistémicos ofertados en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia. *Revista Luna Azul*. 45:42-58. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.45.4>
- ANDREWS, S.; KARLEN, D.; MITCHELL, J. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 90(1):25-45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)
- BANDA-R, K.; WEINTRITT, J.; GÓMEZ, M. 2015. Bosque seco tropical. Proyecto DryFlor. Ed. Red Florística del Bosque Seco Tropical. Alemania. 28p.

- BERDUGO-LATTKE, M.; RANGEL-CH, J. 2015. Composición florística del bosque tropical seco del santuario “Los Besotes” y fenología de especies arbóreas dominantes (Valledupar, Cesar, Colombia). *Colombia Forestal*. 18(1):87-103. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a05>
- CANTÚ, M.; BECKER, A.; BEDANO, J.; SCHIAVO, H. 2007. Evaluación de la calidad del suelo mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo*. 25(2):173-178.
- CÁRDENAS-CAMACHO, L.; DÍAZ, S.; GÓMEZ-ANAYA, W.; ROJAS-ROJAS, J.; LÓPEZ-CAMACHO, 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>
- CASTRO-CASTRO, M.L.; BELTRÁN-DÍAZ, A.; VARGAS-ESPÍTIA, A. 2021. Análisis sistémico de la sostenibilidad económica de unidades de producción agropecuaria familiar en una comunidad campesina de Lebrija, Colombia. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. 34(2):141-153. <http://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.10>
- CENTRO INFORMÁTICO DE GEOMÁTICA AMBIENTAL, CINFA. 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. 350p
- DÍAZ, J. 2006. Bosque seco tropical Colombia. Ed. I/M Editores. Colombia. 250p.
- GARCÍA, H.; GONZÁLEZ, R. 2019. Bosque seco Colombia: biodiversidad y gestión. Ed. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. 32p.
- GONZÁLEZ-PEDRAZA, A.; DEZZEO, 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.
- GUO, S.; HAN, X.; LI, H.; WANG, T.; TONG, X.; REN, G.; FENG, Y.; YANG, G. 2018. Evaluation of soil quality along two revegetation chronosequences on the Loess Hilly Region of China. *Science of the Total Environment*. 633:808-815. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.210>
- HERAZO VITOLA, F.; MERCADO GÓMEZ, J.; MENDOZA CIFUENTES, H. 2017. Estructura y composición florística del bosque seco tropical en los Montes de María (Sucre-Colombia). *Ciencia en desarrollo*. 8(1):71-82.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. 2018. Manual de Campo Inventario Forestal Nacional Colombia. Ed. IDEAM. Colombia. 160p.
- KEES, S.; TORRES, S.; MORALES, A.; GIRAUDO, L.; RUIZ, S.; GIODARNO, M.; GALEANO, V.; KLOSTER, N.; KRONEMBERGER, R. 2021. Caracterización de la estructura y composición florística de dos tipos forestales del noroeste de la provincia del Chaco. *Revista de ciencias forestales Quebracho*. 29(1):39-49.
- KYOK, M.; NGARA, T.; TANABE, K. 2006. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (eds). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Ed. IPCC (Francia). 50p.
- LÓPEZ RAMÍREZ, L. 2006. Ruralidad y educación rural. Referentes para un Programa de Educación Rural en la Universidad Pedagógica Nacional. *Revista Colombiana de Educación*. 51:138-159.
- MELO, O.; VARGAS, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ed. Universidad del Tolima. Colombia. 222p.
- MESA-SIERRA, N.; DE LA PEÑA-DOMENE, M.; CAMPO, J.; GIARDINA, C.P. 2022. Restoring mexican tropical dry forests: A national review. *Sustainability*. 14(7):3937. <https://doi.org/10.3390/su14073937>
- MILES, L.; NEWTON, A.; DEFRIES, R.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPO, V.; GORDON, J. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*. 33(3):491-505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- MUÑOZ-ROJAS, M.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; LUCAS-BORJA, M.E. 2021. La biodiversidad y el carbono orgánico del suelo son esenciales para revertir la desertificación. *Ecosistemas*. 30(3):2238. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2238>
- NÚÑEZ-RAVELO, F.; UGAS-PÉREZ, M.; CALDERÓN-CASTELLANOS, R.; RIVAS-MERIÑO, F. 2021. Cuantificación del carbono orgánico, y materia orgánica en suelos no rizosféricos o cubiertos por *Avicennia germinans* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.). *Revista Geográfica de América Central*. 1(66):340-366. <https://doi.org/10.15359/rgac.66-1.13>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO. 2020. El estado de los bosques del mundo los bosques, la biodiversidad y las personas. Ed. FAO. Italia. 224p.
- OVIDO-CELIS, R.; CASTRO-ESCOBAR, E. 2021. Un análisis comparativo de la sostenibilidad de sistemas para

- la producción de café en fincas de Santander y Caldas, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 22(3):e2230. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2230
- PACHÓN ARIZA, F. 2021. Distribución de la propiedad rural en Colombia en el siglo XXI. *Revista de Economía e Sociología Rural*. 60(04):e242402. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.242402>
- PARDO, M.; MORENO, R. 2018. El enclave seco del cañón del Chicamocha: biodiversidad y territorio. Ed. Fundación Natura. Colombia. 192p.
- PAZ-KAGAN, T.; SHACHAK, M.; ZAADY, E.; KARNIELI, A. 2014. A spectral soil quality index (SSQI) for characterizing soil function in areas of changed land use. *Geoderma*. 230-231:171-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.04.003>
- PÉREZ PINZÓN, L. 2021. Políticas educativas para el emprendimiento rural en Colombia. *Reflexión Política*. 23(47):60-71. <https://doi.org/10.29375/01240781.4098>
- PIZANO, C.; GARCÍA, H. 2014. El bosque seco tropical en Colombia. Ed. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 353p.
- QUIROGA, J.; ROA, H.; MELO, O.; 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. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.2>
- RAMÍREZ QUIRAMA, J.; TABORDA VERGARA, A. 2014. Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. *Producción + Limpia*. 9(1):99-114.
- ROJAS-CANO, A.; FEIJOO MARTÍNEZ, A.; MOLINA-RICO, J.; ZÚÑIGA-TORRES, C.; QUINTERO VARGAS, H. 2021. Caracterización de agricultores y estrategias conducentes a políticas públicas en el eje cafetero colombiano. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*. 12(1):165-192. <https://doi.org/10.21501/22161201.3476>
- SANDOVAL GENOVEZ, D.; MOCTEZUMA PÉREZ, S.; HERRERA TAPIA, F.; ESPINOZA ORTEGA, A. 2022. Juventudes rurales: una perspectiva del trabajo agrícola desde sus actores. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*. 29:e16508. <https://doi.org/10.29101/crcs.v29i0.16508>
- SANTIBAÑEZ-ANDRADE, G.; CASTILLO-ARGÜERO, S.; MARTÍNEZ-OREA, Y. 2015. Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. *Bosque Valdivia*. 36(2):299-313. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000200015>
- SEGRELLES SERRANO, J.A. 2018. La desigualdad en el reparto de la tierra en Colombia: Obstáculo principal para una paz duradera y democrática. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 38(2):409-33. <http://dx.doi.org/10.5209/AGUC.62486>
- SUÁREZ-R., S.; VARGAS-R., O. 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(2):28-41. <https://doi.org/10.15446/caldas.v41n1.71281>
- TRIVIÑO BEDOYA, C.; CÓRDOBA VARGAS, C.; TORO CALDERÓN, J. 2020. Tenencia de la tierra y relaciones de producción. Dimensiones ineludibles en la resiliencia de campesinos (Municipio de Marulanda, Caldas-Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 17:2-21. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17.ttrp>
- VALBUENA-CALDERÓN, O.E.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, W.; SUÁREZ-SALAZAR, J. 2017. Calidad de suelos bajo dos esquemas de manejo en fincas cafeteras del sur de Colombia. *Revista Agronomía Mesoamérica*. 28(1):131-140. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21092>
- YANG, P.; DONG, W.; HEINEN, M.; QIN, W.; OENEMA, O. 2022. Soil compaction prevention, amelioration and alleviation measures are effective in mechanized and smallholder agriculture: A Meta-Analysis. *Land*. 11(5):645. <https://doi.org/10.3390/land11050645>
- ZERAATPISHEHA, M.; BAKHSHANDEHB, E.; HOSSEINIC, M.; ALAVI, S. 2020. Assessing the effects of deforestation and intensive agriculture on the soil quality through digital soil mapping. *Geoderma*. 363:114139. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114139>