

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO AL SUELO ENTRE GANADERÍA
EXTENSIVA Y MONOCULTIVO DE MAIZ CON METODOLOGÍA MULTICRITERIO EN
LA VEREDA LA BARRIALOSA, MESETAS-META



LAURA MARCELA LANDAZÁBAL SUÁREZ
KATTY DEL PILAR ROMERO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO AL SUELO ENTRE GANADERÍA
EXTENSIVA Y MONOCULTIVO DE MAIZ CON METODOLOGÍA MULTICRITERIO EN
LA VEREDA LA BARRIALOSA, MESETAS-META

LAURA MARCELA LANDAZÁBAL SUÁREZ
KATTY DEL PILAR ROMERO RAMÍREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Asesor:

MsC. JORGE ARTURO BOLAÑOS BRICEÑO
Economista
MsC. Doctorado en Geografía

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

Autoridades Académicas

P. JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O. P.

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO, O. P.

Rector Sede Villavicencio

P. FERNANDO CAJICÁ GAMBO, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

JORGE ARTURO BOLAÑOS BRICEÑO

Director trabajo de grado

CESAR AUGUSTO RIVEROS ROMERO

Jurado

MARIA ALEXANDRA MÉNDEZ LEAL

Jurado

Villavicencio, 1 de agosto de 2018

Dedicado a Dios, nuestras familias y amigos.

Agradecimientos

Queremos agradecer primeramente a Dios por darnos la oportunidad de realizar y terminar esta apasionante investigación con éxito; a nuestras familias por el apoyo incondicional, por la paciencia durante el desarrollo del proyecto y por alentarnos a seguir; a nuestra alma mater la Universidad Santo Tomás, en la que nos formamos como profesionales, pero ante todo como personas. Agradecemos también a la decana Natalia Mosquera, por su apoyo y entrega durante tantos años, por enseñarnos a trabajar en equipo y a realizar trabajos de calidad. A nuestro director de proyecto Jorge Bolaños, por inspirarnos a profundizar en el campo del análisis multicriterio, por su tiempo y deseo de ayudarnos, junto con la economista Johana Ariza, el ingeniero Rafael Carpintero, por su disposición a aportar en nuestro crecimiento profesional, a la profesora Alejandra Bernal por su dedicación e interés en el desarrollo de la investigación.

A cada uno de los docentes que nos enseñaron a ser profesionales y personas íntegras. Agradecemos enormemente a la comunidad de la vereda La Barrialosa por colaborar en esta investigación a pesar de la dificultad que les suponía y en especial a Eusebio e Irene; Estaremos eternamente agradecidas con Liliana Suárez por su apoyo incondicional, con Iván Riveros, Don Fabio Riveros y Doña Patricia Angulo por el acompañamiento en la zona de estudio, por ayudarnos a lograr el acercamiento ideal con la comunidad y finalmente, pero no menos importante a nuestros amigos más cercanos, quienes nos guiaron y alentaron en todo el proceso investigativo.

Contenido

	Pág.
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN	20
CAPITULO I.....	22
Planteamiento del Problema.....	22
Descripción del problema	22
Formulación del Problema	26
Objetivos	27
Objetivo General	27
Justificación.....	28
Alcance del Proyecto.....	32
CAPITULO II	34
Antecedentes	34
CAPITULO III	37
Marco de Referencia	37
Marco Teórico	37
Marco Conceptual	38
Marco Legal	43
CAPITULO IV	45
Metodología	45
FASE 1:.....	46
<i>La zonificación y caracterización por actividad productiva y delimitación espacial.</i>	
.....	46

FASE 2:.....	47
Definición de criterios y expertos para evaluación del impacto sobre el suelo por las actividades productivas.....	47
FASE 3.....	49
Aplicación de la metodología multicriterio.....	49
FASE 4.....	55
Análisis de resultados.....	55
CAPITULO V	56
Resultados y Análisis de Resultados.....	56
Zonificación y Caracterización de las actividades productivas, como insumo para el análisis del impacto al suelo.	56
Criterios y Expertos para el Análisis del Impacto al Suelo.....	61
Impactos Generados por Cada Actividad Productiva Sobre el Recurso Suelo	62
Compactación del suelo	64
Pérdida del suelo por erosión	65
Remoción en masa	65
Conflicto por uso del suelo	66
Pérdida de fertilidad en el suelo	66
Afectación a la retención del agua	67
Conflicto con la vocación del suelo	67
Contenido de materia orgánica.....	68
Rentabilidad	68
Productividad	69
Consolidado de Resultados	69
CAPÍTULO VI.....	72

Análisis de resultados.....	72
Discusión.....	73
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	85

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Áreas de conservación ambiental.</i>	22
Tabla 2. <i>Identificación de Actividades Productivas.</i>	25
Tabla 3. <i>Marco Legal</i>	43
Tabla 4. <i>Criterios de evaluación.</i>	51
Tabla 5. <i>Escala de comparación entre criterios.</i>	54
Tabla 6. <i>Proceso de siembra de maíz.</i>	60
Tabla 7. <i>Prácticas ganaderas aplicadas por los habitantes de la vereda</i>	61
Tabla 8. <i>Categorización de Expertos</i>	62
Tabla 9. <i>Resultados Experto 2.</i>	63
Tabla 10. <i>Resultados obtenidos.</i>	64
Tabla 11. <i>Consolidado de Resultados.</i>	70
Tabla 12. <i>Programa de recuperación de la cobertura vegetal</i>	78
Tabla 13. <i>Programa de mejoramiento de sistemas de producción</i>	81
Tabla 14. <i>Programa de reconversión a agricultura de conservación</i>	83

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Presencia de minas antipersonas.....	30
<i>Figura 2.</i> The Halo Trust Co.....	31
<i>Figura 3.</i> Zona de estudio.	33
<i>Figura 4.</i> Metodología de investigación..	45
<i>Figura 5</i> Estructura de metodología AHP.	53
<i>Figura 6.</i> Distribución de actividades productivas.	57
<i>Figura 7.</i> Cobertura del área investigada.....	57
<i>Figura 9</i> Consolidado de resultados.	70
<i>Figura 10</i> Comparación entre criterios AHP.....	71
<i>Figura 11</i> Vocación del suelo.....	72

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice 1. Mapa con cartografía social.....	92
Apéndice 2. Distribución de las parcelas según numeración.	93

Lista de Anexos

Pág.

Anexo A Tamaño de las parcelas de la vereda La Barrialosa..... **¡Error! Marcador no definido.**

Resumen

Se analizaron los impactos generados al suelo por las dos principales actividades productivas de la vereda La Barrialosa en el municipio de Mesetas-Meta. A partir de cartografía social y sistemas de información geográfica (SIG). Se realizó la caracterización y zonificación de las actividades productivas en la totalidad del área de la vereda, con el fin de tener un panorama más acertado de la situación actual. Para realizar el análisis, se realizó una adaptación de la metodología de análisis multicriterio, con el fin de aprovechar el amplio conocimiento y experticia de personas que han vivido allí y de quienes se han apropiado de la situación, a partir de la información adquirida por parte de la academia o por ser parte de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que participan en la dinámica económica de la región. Con base en los conocimientos de estas personas, se seleccionan siete (7) criterios mediante los cuales se realizó la comparación y análisis de impacto al suelo entre las actividades productivas en donde se obtuvo como resultado final que la ganadería extensiva genera un mayor impacto al suelo ligeramente superior al generado por el monocultivo de maíz en la vereda la Barrialosa.

A pesar de que habitualmente se recolectan muestras fisicoquímicas como base para el análisis del impacto al suelo, para este caso en particular, la metodología multicriterio se ajusta bien al estudio, teniendo en cuenta la dificultad de acceso y el riesgo que representa la toma de muestras directamente del suelo; toda vez que en la zona de estudio se pudo constatar la presencia de minas antipersonas y municiones sin explotar (MAP/MUSE) evidenciado por el trabajo de desminado realizado por la compañía The HALO trust. Por otro lado, existe poca información actualizada sobre la dinámica de las actividades productivas de la vereda, por tanto, se realiza cartografía social para la recolección de información básica para el desarrollo del estudio.

Por otro lado, el escenario de posconflicto es la oportunidad para acceder a esta zona, investigar el impacto al suelo por las actividades productivas allí realizadas y que las autoridades competentes, de la mano de la academia, la ciudadanía realice las acciones necesarias para implementar programas que mitiguen, controlen y prevengan la afectación al medio ambiente,

especialmente al componente suelo, teniendo como prioridad aquellas actividades que están afectando con mayor severidad.

Finalmente, el estudio arrojó que la ganadería extensiva genera un impacto al suelo superior que el monocultivo de maíz con 55% según los expertos consultados en la presente investigación. Los criterios que se vieron más afectados por esta práctica fueron: compactación, conflicto de uso del suelo y vocación del suelo. Por tanto, se invita a las autoridades competentes a que realicen programas de control, prevención y mitigación, en primera medida para la ganadería extensiva pues obtuvo el puntaje de impacto directo al suelo más alto.

Palabra clave: Análisis multicriterio, monocultivo de maíz, ganadería extensiva, impacto al suelo, AHP.

Abstract

The impacts generated to the soil by the two main productive activities of the village. La Barrialosa in the municipality of Mesetas -Meta are analyzed. Based on social cartography and GIS geographic information systems, the characterization and zoning of the productive activities in the entire area of the village is carried out, to have a more accurate picture of the current situation. To carry out the analysis, an adaptation of the multicriteria analysis methodology is carried out, to take advantage of the wide knowledge and expertise of people who have lived there all their lives and of those who have appropriated the situation, either from the information acquired by the academy or by being part of the governmental and non-governmental institutions that participate in the economic dynamics of the region. From the knowledge of these people, seven criteria are selected from which the comparison and analysis of impact to the soil between the productive activities is made. It was obtained as a result that extensive livestock generates an impact on the soil greater than that of corn monoculture

usually harvested physicochemical samples as a basis for the analysis of the impact to the ground, for this case in particular, multi-criteria methodology fits the study, taking into account the difficulty of access and the risk that represents the taking of soil samples directly; Once in the zone of study it was confirmed the presence of mines anti-personnel and unexploded ordnance (MAP / MUSE) evidenced by the work of demining by the company The HALO trust. On the other hand, there is little up-to-date information on the dynamics of the productive activities of the sidewalk, therefore, is social mapping for the collection of basic information for the development of the study.

On the other hand, the post-conflict scenario is the opportunity to access this forgotten area, investigate the impact to the ground by the productive activities there carried out and that the competent authorities, of the hand of the Academy and the citizenship carried out the actions needed to implement programs that mitigate, control and prevent the impairment to the environment, especially to the component soil, having as a priority those activities that are affecting most severely.

Finally, the study showed that ranching generates an impact to the top soil to maize monoculture with 55% according to the experts consulted in the present investigation. The criteria which were more affected by this practice were: compaction, the land use and vocation of the ground conflict. Therefore, invites the competent authorities to carry out programmed of monitoring, prevention and mitigation, in first step to ranching because he obtained the direct impact to the highest floor score.

Keywords: Multicriteria Analysis; Impact on the Soil; Monoculture of Corn; Extense livestock farm; AHP.

Resumo

Os impactos gerados aos solos pelas duas principais atividades produtivas da aldeia “La Barrialosa” no município de Mesetas-Meta são analisados. Com base em cartografia social e os sistemas de informação geográfica (SIG), realiza-se a caracterização e o zoneamento das atividades produtivas em toda a área da aldeia, a fim de ter uma visão mais precisa da situação atual. Para realizar a análise, é realizada uma adaptação da metodologia de análise multicritério, a fim de aproveitar o amplo conhecimento e expertise das pessoas que lá viveram toda a vida e que se apropriaram da situação, seja do ponto de vista informações adquiridas pela academia ou por fazer parte das instituições governamentais e não-governamentais que participam da dinâmica econômica da região. A partir do conhecimento dessas pessoas, são selecionados sete (7) critérios a partir dos quais é feita a comparação e análise do impacto ao solo entre as atividades produtivas. Onde o resultado foi que o gado extensivo tem um impacto maior no solo do que a monocultura de milho na aldeia La Barrialosa.

Enquanto normalmente colhidas amostras físico-químicas como base para a análise do impacto no solo, para este caso em particular, a metodologia multicritério encaixa o estudo, tendo em conta a dificuldade de acesso e o risco que representa a colheita das amostras do solo diretamente; Uma vez na zona de estudo, foi confirmado a presença de antipessoal de minas (MAP / MUSE) evidenciado pelo trabalho de desminagem pela empresa The HALO trust. Por outro lado, há pouca informação actualizada sobre a dinâmica das atividades produtivas do lugar, portanto, se fez um mapeamento social para a coleta de informações básicas para o desenvolvimento do estudo.

Por outro lado, o cenário pós-conflito é a oportunidade de aceder a esta área esquecida, investigar o impacto no chão pelas atividades produtivas realizadas lá e que as autoridades competentes, da mão da Academia e da cidadania realizadas a ações necessárias para implementar programas de mitigação, controle e evitar o prejuízo ao meio ambiente, especialmente para o solo de componente, tendo como prioridade as atividades que estão afetando mais gravemente.

Finalmente, o estudo mostrou que a pecuária gera um impacto com o solo superior a monocultura de milho com 55% de acordo com os especialistas consultados no presente inquérito. Os critérios que foram mais afetados por esta prática foram: compactação, o uso da terra e a vocação do conflito terreno. Por conseguinte, convida as autoridades competentes para realizar programas de monitorização, prevenção e mitigação, na primeira etapa para pecuária porque obteve o impacto direto para a maior pontuação do solo.

Palavras-chave: Analise Multicriterio; Impacto no solo; Monocultura de Milho; Pecuária Extensa; AHP.

Introducción

Este estudio surge de la necesidad de las autoridades competentes como: la secretaría de medio ambiente, la alcaldía de mesetas, la Gobernación del Meta, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Ministerio de Medio Ambiente, por generar programas y políticas públicas efectivas para la mitigación, control y prevención del impacto al suelo, pero para lograrlo, se requiere información sobre las dinámicas de las actividades productivas en la vereda La Barrialosa y la priorización de los impactos de cada una.

Desde la academia, cuando se habla de análisis de suelos se piensa en datos numéricos, mediciones y cálculos. Aun así, desde 1980 un reconocido doctor en matemáticas llamado Thomas Saaty hizo un aporte muy importante a la investigación, donde se plantea que, teniendo una problemática compleja, se pueden tomar decisiones basadas en criterios. Para eso se requiere partir de un objetivo plasmado en una estructura jerárquica, criterios específicos, la opinión de expertos y una matriz pre diseñada con lo cual, a través de su análisis se puede obtener una solución, con datos cuantitativos, cualitativos o mixtos, lo que significa la disminución en el gasto de la inversión, más la posibilidad de hacer investigación en zonas de difícil acceso (Saaty, 1980).

A partir del aporte del matemático Saaty, se han realizado múltiples investigaciones con aproximación multicriterio con resultados favorables y verificados por la comunidad científica. En este trabajo de investigación se plantea el análisis comparativo del impacto sobre el suelo de dos actividades productivas en la vereda La Barrialosa, en Mesetas-Meta: monocultivo de maíz y ganadería extensiva, mediante una de las metodologías multicriterio con variables mixtas, se presume que la ganadería causa un impacto sobre el suelo superior a los monocultivos, según los criterios preestablecidos. La revisión bibliográfica, el análisis de contenido de la misma literatura y de la opinión de expertos en el tema, como metodología validada por la comunidad científica para abstraer y analizar la información de forma precisa.

Teniendo en cuenta que existe poca información sobre la vereda donde se desarrolló la investigación, sin embargo, se aplicó una caracterización y zonificación del estado actual de las actividades productivas en la zona de estudio en cuanto al área destinada a cada una de estas y

así mismo su ubicación específica, para la consolidación de la información necesaria de la zona. De esta forma, los expertos tienen el conocimiento base para la toma de decisiones con la información y su experiencia en el tema. Es decir, se usan variables mixtas, pues la información proporcionada por los expertos de forma cualitativa es transformada mediante el modelo matemático en el software Expert Choice a escalas numéricas, mediante las que se realiza un análisis a partir de los resultados obtenidos.

CAPITULO I

Planteamiento del Problema

Descripción del problema

Según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de la Alcaldía de mesetas (2012a), el uso de suelo de la zona en estudio es “conservación del área forestal”, pues la vereda se encuentra en una zona con gran importancia ambiental al hacer parte el Área de Manejo Especial de la Macarena (AMEM), según Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC), (2013) con una extensión total de 3.891.790 hectáreas.

El propósito de las zonas de conservación ambientales es fundamentalmente asegurar la autorregulación ecológica mediante el movimiento migratorio de la fauna silvestre, la preservación del entorno generador de elementos medioambientales básicos para el desarrollo municipal y la conservación de los recursos bióticos como patrimonio para las generaciones futuras. Dentro del área municipal de Mesetas se encuentran parte de los parques La Macarena y Tinigua, como también las zonas de preservación vertiente oriental y de recuperación para la producción occidente. En la Tabla 1 se observa el área cubierta por cada categoría.

Tabla 1.

Áreas de conservación ambiental.

Categoría	Área (Km ²)	% de la Superficie Territorial
Parque de La Macarena	96 6.45	39.5
Parque Tinigua	13. 7	0.56
Preservación Vertiente Oriental	39 1.74	16
Recuperación Producción Occidente	10 76.92	43.4
Total	24 48.81	100

Nota: Área del municipio de Mesetas perteneciente a zona protegida. Adaptado de (Alcaldía de mesetas, 2012a); por Landazábal & Romero, 2018.

Los parques naturales son áreas denominadas intangibles, es decir, que las únicas actividades que se pueden desarrollar allí son exclusivamente de conservación, recuperación, investigación, recreación ecológica y educación ambiental. Las zonas de preservación se definen como aquellas donde las actividades humanas están orientadas a restaurar y preservar las características naturales de los ecosistemas según la Alcaldía de mesetas (2012a).

Según la información anterior, es importante que no se realicen actividades diferentes a las señaladas por el EOT. Asimismo, se requiere especial atención a las actividades productivas que allí se realizan actualmente, ya que afectan la estabilidad de los ecosistemas naturales como fuentes hídricas, bosques de galería, humedales y morichales, aledaños a la zona de estudio (PNNC, 2013). Es por esto que surge la necesidad de hacer un análisis del impacto al suelo generado por la ganadería extensiva y el monocultivo de maíz, pues son las dos actividades que se realizan en un área significativa de la vereda, según la información dada por la comunidad.

Por otro lado, entrando en contexto con las costumbres de los lugareños, se encuentra que la agricultura tradicional ha dejado de ser la actividad productiva central en la economía de los mesetenses desde 1960, debido a factores como: el aumento de la demanda de alimentos y la poca oferta de los mismos al requerir largos periodos de tiempo para cosechar los alimentos; el desplazamiento forzado hacia las grandes ciudades; grandes extensiones de tierra en manos de pocas personas; poco apoyo a los agricultores por parte de los gremios gubernamentales y academia; además del conflicto armado (Municipio de Mesetas, 2002).

Los monocultivos surgieron con la revolución verde (1960-1980) como solución a inseguridad alimentaria, fue entonces que se resolvió usar de forma intensiva los fertilizantes químicos para acelerar los procesos y producir más, en menos tiempo. Actividad que provocó un cambio en las características naturales del suelo, donde se reduce su productividad, además de aumentar la contaminación atmosférica y de las aguas. En palabras de Altieri (2001): “Son situaciones que llevan a cuestionar la forma en que se ha venido desarrollando la actividad agropecuaria y conduce a entender la necesidad de preservar nuestro planeta”.

Con respecto a lo anterior, Sakadevan & Nguyen (2017) obtuvieron resultados de su investigación en Australia con los que afirman que a pesar de los grandes beneficios que trae el sector ganadero a nivel social, cuando no se aplican unas Buenas Prácticas Ganaderas-BPG, se generan impactos ambientales negativos desde un nivel local hasta nacional. Anualmente se

pierden miles de hectáreas de tierras forestares al ser deforestadas y convertidas en pastizales para el creciente sector, esto impulsa la erosión de los suelos y el agotamiento de los nutrientes.

En el departamento del Meta, el municipio de Mesetas es uno de los municipios con mayor cantidad de cabezas de ganado bovino por unidad de producción agrícola y crecimiento acelerado. En términos generales, la población total de ganado bovino en Mesetas se incrementó durante los años 2009-2011 pasando de un total municipal de 34.969 cabezas a 45.500, permitiendo el posicionamiento municipal como el décimo municipio en población bovina con respecto a los 29 que conforman el departamento, para el año 2016, se identificaron 55.471 cabezas de bovino (DANE , 2017). Por otro lado, el Instituto Colombiano Agropecuario ICA (2017) obtuvo a partir del censo que en el municipio de Mesetas habían 68.000 bovinos en 820 fincas y la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) determinó que existen 1.831.651 cabezas de ganado para el departamento según DANE (2016); cifras indican que se está fortaleciendo esta actividad productiva y así mismo los impactos al suelo al no emplearse BPA.

La actividad ganadera es la que más ingresos le genera al productor con un aporte del 74.1% (Secretaría de planeación, 2012). Esta es una de las alternativas en regiones distantes a centros de consumo mayoritarios, en donde su infraestructura vial no es la mejor. Por lo tanto, se espera que siga aumentando el número de ciudadanos dedicados a este tipo de actividades productivas.

La vereda La Barrialosa tiene un área de 1714,46 Has, de las cuales aproximadamente el 30,99% hacen parte de la cabecera municipal y el 69,01% de la población rural. Se caracteriza por la gran cantidad de monocultivos de café, maíz, piña, caña, papaya, cacao, yuca, cítricos, plátano hartón llanero y coca. De los anteriores, el que provoca un daño importante al suelo es el monocultivo de piña porque éste se cultiva en terrenos pendientes, por tanto se incrementa la tasa de erosión de los suelos, provocando degradación del entorno ambiental donde se produce (Municipio de Mesetas, 2002). En la Tabla 2 se identificaron las actividades productivas que se realizan en la vereda y el área de cobertura. A pesar de que el café es el monocultivo que se más área ocupa, es el que menos herbicidas utiliza, pues este se destaca por ser orgánico. Por otro lado, a pesar de que el monocultivo de piña causa un daño significativo al suelo, solo cubre el 1,4% del área total de la vereda, mientras que el monocultivo de maíz que es el segundo de

mayor cobertura representa el 3% y es comparable con la ganadería extensiva que ocupa el 83% de la misma.

Tabla 2.

Identificación de Actividades Productivas.

Actividad Productiva	% del área total	Área (has.)
Café	4,2	72,01
Maíz	3	51,43
Plátano	2,5	42,86
Yuca	2,3	39,43
Frijol	2	34,29
Cacao	1,6	27,43
Piña	1,4	24,00
Ganadería Extensiva	83	1423,00
Total	100	1714,46

Nota: Distribución de área por actividad productiva- Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

La gobernación de Mesetas a través del Plan de Desarrollo Municipal de Mesetas-PDMM (Secretaría de planeación, 2012) en el año 2012, ha diseñado programas específicos para fortalecer la vocación agrícola tradicional e incentivar a los pequeños agricultores a producir caucho e incursionar en el sector ganadero. En materia ambiental, a pesar de no realizarse proyectos para la recuperación de los suelos, si se realizaron programas de concienciación con respecto al manejo de residuos sólidos, por otro lado, el fortalecimiento del Comité Ambiental Municipal (CAM), el fortalecimiento de actividades de protección, conservación y recuperación de microcuencas y áreas de nacimientos de fuentes hídricas que abastece los acueductos y finalmente, un proyecto para mitigar la emergencia que se presentó en cuatro veredas del municipio de Mesetas (Secretaría de planeación, 2012).

La hipótesis que se plantea es que la ganadería extensiva provoca un daño mayor al suelo en comparación a monocultivos, en este caso específico, de maíz. La principal razón es que se existen antecedentes como el del Amazonas donde el área destinada para reserva forestal, como el caso en estudio, fue intervenido para el pastoreo del ganado, el cual aumentó la compactación en el suelo y aceleró el proceso de erosión al dejarlo desnudo ante las condiciones naturales de la

zona como la lluvia y el viento. Entonces, se va a analizar cada criterio considerado en la metodología como impacto, para conocer puntualmente los aspectos del suelo que se están viendo afectados. Si la hipótesis es correcta, se espera que la información suministrada a las autoridades competentes pueda servir para la formulación de nuevos programas direccionados a la mitigación, control y prevención de los impactos al suelo.

Formulación del Problema

Con base en lo anterior, en el presente proyecto se realizó una investigación que buscaba determinar qué actividad productiva afecta con mayor severidad al suelo si se compara por medio de la metodología multicriterio, Análisis de Proceso Jerárquico-AHP, por eso se planteó la pregunta problema que resume la investigación : Entre la ganadería extensiva y el monocultivo de maíz al ser las principales actividades productivas que impulsan la economía local, ¿cuál actividad productiva afecta con mayor severidad el suelo de la vereda La Barrialosa, Mesetas-Meta si se compara con la metodología de análisis multicriterio?

Objetivos

Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de los impactos sobre el recurso suelo por parte de las actividades productivas: monocultivo de maíz y ganadería extensiva, por medio del método Proceso Analítico Jerárquico-AHP en la vereda La Barrialosa, Mesetas- Meta, como herramienta para la toma de decisiones políticas dirigidas a la prevención, control y mitigación de los impactos al suelo.

Objetivos Específicos

- Realizar la zonificación y caracterización de las actividades productivas en la vereda La Barrialosa, mediante cartografía social y sistemas de información geográfica como insumo para el análisis del impacto al suelo.
- Definir los criterios e impactos al suelo que se van a evaluar, teniendo en cuenta la metodología conocida como análisis de contenido, mediante el análisis de información primaria y secundaria.
- Analizar por medio de la jerarquización los criterios e impactos generados por cada actividad productiva sobre el recurso suelo, con el fin de conocer la práctica que más impacta, por medio de la metodología AHP.

Justificación

“Entre los recursos naturales, el más grande, incuestionablemente, es el suelo. Estudiando cómo usa el suelo una sociedad, se pueden sacar conclusiones bastante aproximadas de cómo será el futuro de esa sociedad” (Schumacher, 1973).

Se parte de que es una investigación que busca contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): “Acción por el clima” (PNUD, 2015a) este objetivo apunta a la necesidad de tomar medidas urgentes con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para combatir el cambio climático y “Apoyar a las regiones más vulnerables a adaptarse”(PNUD, 2015a). Para tomar estas medidas, se requiere de una investigación precisa con muestras de suelo para que se procesen los parámetros físicos, químicos y biológicos y de ellos realizar un análisis que se complemente con metodologías cualitativas-mixtas como la que se desarrolla en este proyecto; debido a que las actividades productivas que se estudian aportan GEI a la atmósfera.

Por otro lado, el objetivo 15: “Vida de ecosistemas terrestres” (PNUD, 2015b) fundamenta que “La vida humana depende de la tierra tanto como del océano para su sustento y subsistencia. La flora provee el 80% de la alimentación humana y la agricultura representa un recurso económico y un medio de desarrollo importante”, es entonces donde surge la necesidad de “conservar y recuperar el uso de ecosistemas terrestres como bosques, humedales, tierras áridas y montañas para 2020”. Para esto, es imprescindible detener la deforestación y pérdida de hábitats naturales como patrimonio común.

A partir del Plan Nacional de Desarrollo (PND) de Colombia(Unión Europea, 2011) se afirma que el sector agrícola tiene una importancia estratégica en el desarrollo económico y social del país.

De este modo, aun siendo tan importante el sector para el desarrollo de la economía y la sociedad, la participación del sector agrícola ha decrecido en los últimos años. Evidencia de esto se encuentra en el informe presentado por Arango (2017), donde señala que “los cultivos permanentes, que en años anteriores jalonaron la agricultura, no lo hicieron en 2016, empezando

por el café que decreció 0,3%, frutas -3,8%, oleaginosas -6,8% y caña -4,0%”. Por lo anterior, se ve vulnerada la población que es abastecida por esta vereda, que según Gobernación del Meta (2016) está conformada por 11.354 personas; además, se presenta el aumento en el conflicto por uso del suelo, ya que los terrenos que eran empleados en la agricultura, están siendo utilizados para otro tipo de actividades que cambian las propiedades del componente y así mismo su calidad, tales como la ganadería extensiva, monocultivos de piña, cítricos, maíz, yuca, plátano, cacao, café, entre otros.

Según el EOT (Alcaldía de mesetas, 2012a) el suelo de la vereda La Barrialosa tiene uso principal de conservación y protección del medio ambiente y los recursos naturales, aunque estos son compatibles con actividades como la recreación pasiva o contemplativa y pueden utilizarse de forma condicionada para captación de agua o uso de vertimiento, siempre y cuando no afecte el cuerpo de agua, ni se realice sobre el nacimiento. Por otro lado, el EOT afirma que en esta vereda está prohibido usar el suelo para fines agropecuarios, industriales, urbanos y suburbanos, loteo, construcción de vivienda, disposición de residuos sólidos, tala y rocería de la vegetación.

En el Meta el 44% de sus suelos presenta conflicto de uso en la medida en que el 35% está sobre utilizado y el nueve (9) % da muestra de ser objeto de subutilización. Según información del IGAC (2015).

En materia ambiental, se hace necesario tener pleno conocimiento del nivel de impacto de las diferentes actividades productivas, con el fin de que las instituciones competentes implementen programas para la mitigación, control y prevención de los impactos generados.

Teniendo en cuenta que la zona de estudio hasta el 2017 tuvo presencia de conflictos armados, el área es de difícil acceso, se encuentra en proceso de desminado (ver Figuras 1 y 2) y existe poca información precisa cualitativa de la calidad de los suelos ni la caracterización de las actividades productivas que allí se desarrollan. Por tanto, la información proporcionada por entidades como el IGAC no es muy precisa y hace falta realizar muestreo para complementar la información; se opta por la metodología multicriterio, empleada para analizar problemas que requieran la toma de decisiones basados en múltiples objetivos a partir de información cualitativa, cuantitativa o mixta.

Según Grajales et. al. (2013.), esta metodología en general hace que las evaluaciones científicas sean consistentes con un marco de racionalidad, además de ser una herramienta útil para determinar el impacto de acciones a desarrollo sobre la sostenibilidad al incorporar los conflictos que existen entre objetivos económicos, ambientales y sociales, y entre distintos niveles de decisión en las evaluaciones científicas. Entre las metodologías multicriterio viables para el estudio están: Delphi y AHP.

Es importante la realización de este estudio porque será una fuente de información confiable, y se propondrán alternativas a nivel de restauración ecológica según los resultados que se obtengan en la investigación. Además, al estar la información a la disposición de las autoridades competentes, se beneficiarían los habitantes de la vereda, por el aporte del tema de investigación y posterior gestión por parte de los tomadores de decisiones en pro de mejorar la calidad de los suelos que proveen su sustento.



Figura 1. Presencia de minas antipersonas. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.



Figura 2. The Halo Trust Co. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

Alcance del Proyecto

La presente investigación se realizó en un periodo de (6) meses, comenzando en el mes de enero del año 2018 y finalizando en junio del mismo año, donde se requirieron fuentes de información primaria y secundaria. Por lo tanto, se realizaron dos visitas técnicas, una de reconocimiento, donde se realizó un primer acercamiento con la comunidad y otra de levantamiento de datos mediante cartografía social y análisis de contenido. Cada visita con una duración de 15 días.

La vereda La Barrialosa (Ver Figura 3) se encuentra a una altitud de 660 MSNM, según el IDEAM (Mayorga, Hurtado, & Benavides, 2011), la precipitación media anual es de 2854mm, la temperatura media es de 24,1°C y el clima es cálido húmedo. Se le cataloga como paisaje tipo lomerío. La humedad relativa promedio anual es de 89%. Mesetas tiene una densidad poblacional de 7,40 hab/km² (Gobernación del Meta, 2016), de los 11.354 habitantes, 8.645 se encuentran en el área rural del municipio. La investigación se realizará en la Vereda La Barrialosa, Mesetas-Meta (Figura 1). Ubicada bajo las siguientes coordenadas:

Latitud: 3° 31' 8.99'', Longitud -74° 13' 88.99''

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi- IGAC (2004), los suelos del municipio en el que se encuentra la vereda La Barrialosa son extremadamente ácidos, con altos contenidos de materia orgánica, potasio y aluminio y la fertilidad es baja. Si bien las características químicas de los suelos están íntimamente asociadas con la fertilidad, son las características físicas las que determinan en gran medida este factor (Baver, Gardner, & Gardner, 1972).

Este estudio de análisis mixto no emplea un modelo estadístico sino uno matemático, por tanto los resultados obtenidos obedecen a la síntesis de las respuestas de los expertos, los cuales se seleccionaron a criterio de las investigadoras según el conocimiento que poseen los expertos; en donde se determinó que la actividad productiva que afecta con mayor severidad el suelo en la vereda la Barrialosa es la ganadería extensiva.

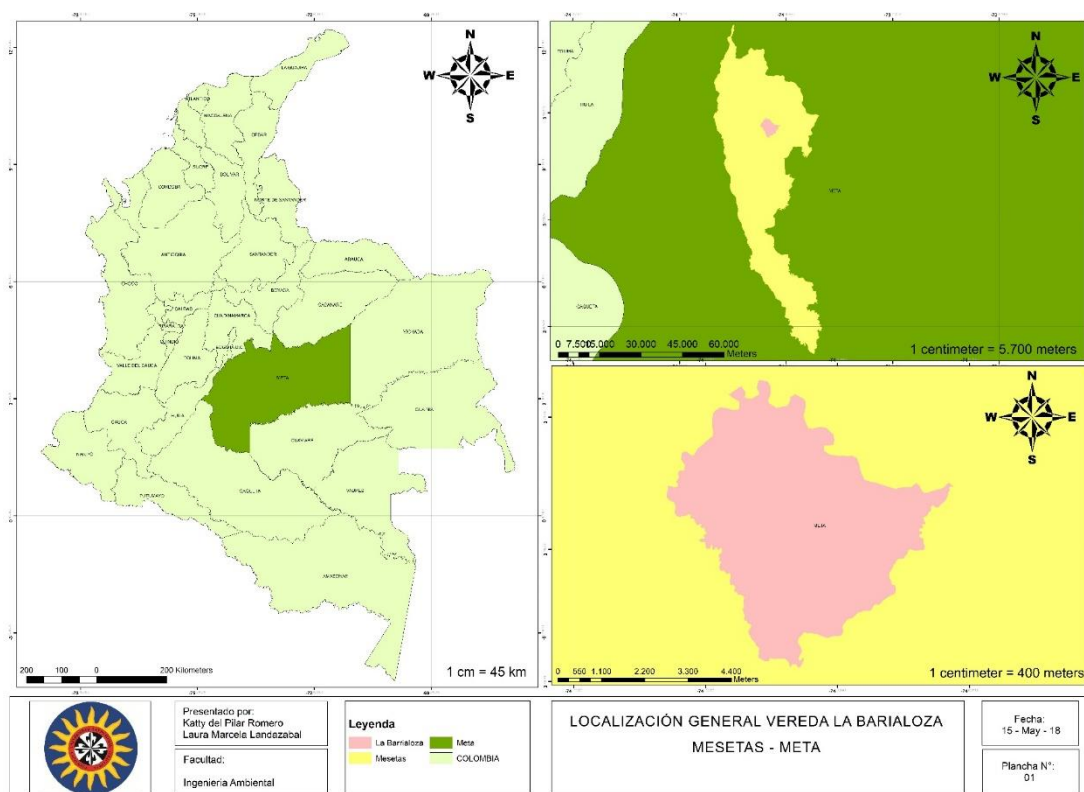


Figura 3. Zona de estudio. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

CAPITULO II

Antecedentes

El impacto al suelo provocado por actividades productivas como el monocultivo y la ganadería ha sido ampliamente estudiado en todo el mundo desde hace cuatro décadas aproximadamente (González & Aguilar, 1991). Según la base de datos indexada Scopus, las publicaciones sobre el impacto al suelo por monocultivos llegan a 536, llegando a su pico más alto de publicaciones el año 2016, con 56 publicaciones. El autor que más se destaca es Hons, F.M, quién ha publicado 11 artículos relacionados y el país en el que se hacen más investigaciones al respecto es Estados Unidos, China y Brasil. Dentro del impacto al suelo por ganadería, se publicaron 1864 artículos científicos relacionados, es decir unas cuatro veces la cantidad de estudios realizados para monocultivos. El autor que ha realizado más publicaciones es Giller, K.e. y de la misma forma que en el caso anterior, Estados Unidos fue el país que realizó más investigaciones (ElSevier, 2018).

En Sumatra-Indonesia, se estudió la pérdida de fertilidad del suelo, el secuestro de carbono y biodiversidad, bajo las plantaciones de palma aceitera y la producción de caucho. Se evaluaron la extensión y los mecanismos del suelo de degradación de palma aceitera y caucho en un contexto de escasez de tierras, (Guillaume, et al., 2016). Este estudio, realizado en una zona tropical. A pesar de ser un estudio de tipo cuantitativo convencional, aporta información base que da una clara idea de las situaciones que se están presentando en la zona de estudio.

En Valencia (España), Balaguer (2016) desarrolla un estudio para identificar la detección de problemas en la localización de uso de suelo a partir de la metodología AHP con variables cualitativas y el uso de mapas como herramientas SIG, en el cual mediante una adaptación del modelo a esta naturaleza de variables, se identificaron con impacto y aptitud, basadas en un marco normativo, posteriormente se les asignó un número en una escala del 0 al 4 para darle peso a cada criterio. Esto permitió que se tomaran decisiones complejas basadas en la importancia de los criterios para el caso de la detección de problemas de uso de suelo y localización en Riba-Roja de Turia (Valencia). Este caso particularmente aplica la metodología

de una forma similar a la implementada en esta investigación, en la que también se realizó cartografía social para la zonificación y el análisis de la información.

Respecto al impacto al suelo por parte de ganadería, un estudio realizado en Mongolia en el 2017 (Kakinuma et al., 2017) afirma que una vez el daño es causado en el suelo y se ha despojado la capa vegetal, aunque esta vuelva a crecer, el suelo no consigue recuperarse por más que el ganado no vuelva a hacer pastoreo en esa zona. Este estudio revela el severo impacto que genera la ganadería extensiva en el suelo y para el caso de estudio, se realiza en una zona de tipo forestal, por tanto, el daño es más severo por el conflicto de uso de suelo presentado.

Algunos de los impactos que puede tener el suelo por el pastoreo intensivo del ganado fueron estudiados en China, donde la investigación de (Li et al., 2017) arrojó que:

“La capacidad de agua del suelo de pastizales disminuyó significativamente (en 23.53%) luego del sobrepastoreo a largo plazo. Además, el suelo a pastoreo a largo plazo tuvo una capacidad de retención de agua significativamente menor en comparación con el suelo sin pastoreo.”

En México en el año 2010 se desarrolló un proyecto de Evaluación multicriterio y aptitud agroclimática del cultivo de caña de azúcar en la región de Huasteca, en el cual mediante la metodología AHP, se evaluó la productividad potencial de un cultivo de caña de azúcar, donde se demostró el que método AHP funciona efectivamente en la aplicación a variables como cualitativas en estudios de suelos (Revista Corpoica, 1996).

Sadeghian, Rivera & Gómez (2017) midieron los cambios de las propiedades del suelo, como resultado de su compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte de Caquetá (Colombia). Los resultados de esta investigación revelaron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de los suelos del piedemonte amazónico. Sin embargo, la intensidad de estos cambios depende de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guaduilla (*Homolepis aturensis*) que pasturas de *Brachiaria decumbens*, más en áreas de lomerío y de terrazas en las vegas. La compactación fue mayor en los primeros 15 cm, ocasionando una severa disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire que afectan el desarrollo de las raíces de las plantas y su productividad. Con relación a la estructura, se encontró una pérdida de esta característica por pisoteo.

Para el caso del Amazonas, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI, 2006) afirma, que “a pesar de que la Región Amazónica representa el mayor porcentaje de bosques naturales para Colombia, estos están siendo transformados para pastizales con fines de ganadería extensiva y semiextensiva”.

Esta problemática tiene una relación directa con la situación de la vereda La Barrialosa, el uso del suelo es conservación y restauración, pero la mayor parte de estos se están usando para pastoreo extensivo, generando un conflicto de uso del suelo. Para el Amazonas, a pesar de que han surgido varias iniciativas, no se ha logrado controlar la deforestación, sobre todo en la Amazonía – Brasil.

Por este motivo, se hace necesario controlar la situación, antes de que no haya forma de remediar el daño causado en el suelo. “Entre los efectos directos se halla la repercusión en las propiedades químicas y físicas del suelo, otros son los cambios en cuanto a sus propiedades químicas (disponibilidad de macro y micronutrientes), como son micro y macro elementos, el Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio” (Mora, et al., 2016).

CAPITULO III

Marco de Referencia

Marco Teórico

El Desarrollo Sostenible es el paradigma global de las Naciones Unidas. El concepto de Desarrollo Sostenible fue descrito en 1987 en el Informe de la Comisión de Brundtland como un “desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (UNESCO, 2017).

Existen cuatro dimensiones del Desarrollo Sostenible: la sociedad, el medio ambiente, la cultura y la economía, que están interconectadas, no separadas. La sostenibilidad es un paradigma para pensar en un futuro en donde las consideraciones ambientales, sociales y económicas estén equilibradas en la búsqueda de una mejor calidad de vida. Por ejemplo, una sociedad próspera depende de un ambiente sano que provea alimentos y recursos, agua potable y aire limpio para sus ciudadanos (UNESCO, 2017).

La Metodología Programación Analítica Jerárquica AHP, en términos generales es la jerarquización de las variables que se presentan en el diario vivir de las organizaciones y de las comunidades, logrando priorizar las variables para tomar decisiones muy acertadas. El hincapié de la metodología se fundamenta con componente académico e investigativo significativo, basado en el soporte de la información por parte de las personas debidamente calificadas y calificadas en su formación disciplinal, conocimientos y experiencias, para de este modo ser aptos al momento de emplear las entrevistas y encuestas.

Marco Conceptual

Conflicto de uso de suelo en Colombia

En Colombia, los sistemas ganaderos se caracterizan en sus perfiles tecnológicos por una marcada segmentación en sus niveles de producción y productividad asociada a la dotación y al manejo de los recursos naturales y el ambiente. A pesar de esta segmentación, se observa una brecha tecnológica generalizada cuando se analizan sus potencialidades y los patrones internacionales de competitividad. Muchos sistemas ganaderos se han desarrollado en ecosistemas frágiles (trópico alto; márgenes de bosque) los cuales presentan efectos ambientales negativos (CORPOICA, 1998). La baja productividad en cuanto a índices de producción se ve reflejada en el mal manejo de los suelos y praderas dando origen a una baja disponibilidad de forraje y la consecuente necesidad de ampliar el área de potreros, interviniendo los ecosistemas de bosque y páramo.

La valorización de las prácticas agrícolas arrojaría resultados diferentes si se tuviera en cuenta un plazo mediano, cercano a los diez años, contabilizando las conocidas “externalidades o efectos que se dejan por fuera de los circuitos y la contabilidad”. Algunas de estas externalidades que debes ser tenidas en cuenta para ser restadas de la cuenta son: “el deterioro de los suelos, el aumento de las plagas, la contaminación de aguas, la eliminación de especies nativas y de controladores naturales. La compactación, salinización y pérdida de productividad de los suelos”. Si se tiene en cuenta cada uno de estos factores, se va a obtener un saldo a favor de los sistemas tradicionales campesinos (SWISSAID, 2004). “De acuerdo con la ENA, en 2009 el área en pastos dedicada a la ganadería fue de 39.196.059 hectáreas, donde el 81% corresponde a pastos naturales y mejorados, y el 19% a rastrojos y malezas”(CCI-MADR, 2009).

Conflicto de uso de suelo a nivel departamental

A nivel departamental, el Meta posee el mayor inventario bovino con el 10,2% del total nacional, seguido por Antioquia 9.4%, Casanare con el 8.6% y Córdoba 8.5%. Los

departamentos de Atlántico, Risaralda y Quindío poseen los inventarios más pequeños con participaciones de 0.80%, 0.39% y 0.22% respectivamente, según (MAPFRE, 2010).

Se ha observado el cambio en el uso del suelo hacia la plantación de monocultivos y ganadería extensiva desde el 2008. Fedepalma (Dishington, 2013) ha confirmado el crecimiento alarmante de las plantaciones de monocultivos por parte de empresas como Bioenergy S.A, Aceites Manuelita S.A, Biocastilla S.A, Unipalma y Entre palmas: “la agroindustria productora de biocombustibles”. Las cifras lo demuestran: desde el año 2008 en los municipios Puerto López, San Carlos de Guaroa y Castilla la nueva, han visto crecer y explotar sus suelos con la agroindustria y para el año 2012, estas prácticas llegaron a cobijar 20 municipios, que corresponden al 69% del departamento. Provocando un cambio en la vocación agrícola tradicional del suelo.

Desarrollo sostenible y suelo

Existen cuatro dimensiones del Desarrollo Sostenible: la sociedad, el medio ambiente, la cultura y la economía, que están interconectadas, no separadas. La sostenibilidad es un paradigma para pensar en un futuro en donde las consideraciones ambientales, sociales y económicas estén equilibradas en la búsqueda de una mejor calidad de vida. Por ejemplo, una sociedad próspera depende de un ambiente sano que provea alimentos y recursos, agua potable y aire limpio para sus ciudadanos (UNESCO, 2017).

La ganadería puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. En particular los sistemas cerrados de granjas mixtas pueden renovar o reponer una fracción sustancial de los nutrientes del suelo, y por consiguiente reducir la necesidad de aplicar fertilizantes inorgánicos. Es difícil estimar los beneficios económicos del mejoramiento de la estructura del suelo como un resultado de la adición de materia orgánica. Sin embargo y a nivel general se puede afirmar que la adición de fertilizantes orgánicos incrementa la capacidad de intercambio catiónico y mejora las condiciones físicas por el incremento de la capacidad de retención de agua y por ende la estabilidad estructural, entre otros (Sadeghian et al., 2017).

Estudio de la FAO (Sadeghian et al., 2017) La evaluación de impactos se hace necesaria para controlar, mitigar y prevenir cualquier alteración al medio natural, de esta forma garantizar

un desarrollo sostenible. Entre los estudios se encuentran los desarrollados por la Fundación CIPAV en el departamento del Quindío, cuyos resultados sirvieron a la Corporación Autónoma Regional del Quindío – CRQ para asesorar a los municipios de este departamento en la elaboración de los planes y esquemas de ordenamiento territorial con las consideraciones apropiadas a tener en cuenta para el uso y manejo sostenible del suelo, los cuales fueron realizados tanto en la zona cafetera (altitudes entre 1300 y 1800 m), como en la de alta montaña (elevaciones entre 1800 y 3000 m), se evaluaron las características del suelo de los diferentes agro sistemas, incluyendo los ganaderos (sistemas intensivos para producción de leche y carne, establecidos en terrenos provenientes de cafetales, y ganadería extensiva). Se encontró que el establecimiento de los sistemas ganaderos afecta la biodiversidad, modifica el balance de los nutrientes, aumenta la compactación en un tiempo relativamente corto (menor que 2 ó 3 años), reduce el volumen de los espacios porosos, disminuye la velocidad del flujo del agua y propicia la erosión.

Análisis multicriterio:

Romero (1996), define esta metodología como un instrumento racional y objetivo tanto para mejorar la comprensión de los procesos de decisión que subyacen a los procesos sistémicos, como para ayudar a los centros decisores a abordar la necesaria comparación entre alternativas.

Proceso Analítico Jerárquico -AHP (de sus siglas en inglés Analysis Hierarchy Process):

Arango (2012) lo define como un método de análisis de decisión el cual está ideado como un método de selección de alternativas en función de los criterios, los cuales suelen estar en conflicto. Este método, pondera los criterios y las alternativas y los clasifica de forma jerarquizada, realizando comparaciones pareadas, basadas en una escala fundamental de comparaciones también ideada por el mismo autor Saaty (1995). Este método tiene una gran aceptación en grandes proyectos de valoración y quizás sea a día de hoy el método de valoración cualitativa más utilizado.

Monocultivo de maíz:

El maíz (*Zea mays*) es el cereal cuyo cultivo ocupa la segunda mayor extensión en Colombia, 538.569 hectáreas en 2004 con una producción cercada a 1,8 millones de toneladas,

según los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria del proyecto (DANE, 2004). En primer lugar, se encuentra el café con 753.471 ha. Según MinTIC (2006), en Mesetas para el año 2016 había un área cosechada de 120has, con una producción de 420 ton y así mismo, un rendimiento de 3,5 (ton/ha).

Según Oyarzun (2010), el maíz es una planta muy exigente, pues, aunque es muy productiva, extrae muchos nutrientes del suelo, lo cual tiene como resultado el agotamiento del suelo sin la lenta reposición natural de nutrientes, o más rápidamente a través de la aplicación de fertilizante. Además de haber un impacto directo al suelo, también hay indirecto, en este caso por los herbicidas utilizados, estudios revelan que existen interrupciones en la ecología del suelo, además de la inhibición del ciclo del nitrógeno (N) en el suelo (incluida la fijación biológica del nitrógeno, la mineralización y la nitrificación) y el aumento significativo de enfermedades resultado de la aplicación del herbicida (Rose et al., 2016).

Ganadería Extensiva:

“Es aquel sistema de crianza de ganado que se lleva a cabo en grandes extensiones de terreno, donde la carga va hasta 2 animales por hectárea” (FINAGRO, 2009) incluso 3. Puede provocar la alteración de los bosques las coberturas naturales y el detrimento de la actividad agrícola

Según FAO (2006), el sector ganadero en Colombia es especialmente importante de cara a la mitigación del cambio climático principalmente porque el 44.9% de las emisiones de GEI del país provino de la agricultura, y el 8.9% se produjo por cambios en el uso de la tierra y forestería, y ambos valores han crecido en más del 10% en los últimos años (Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2010), y más allá de eso, tiene una alta tasa de expansión (especialmente la ganadería) y por tanto de deforestación.

Lal (1996) determinó los efectos de la deforestación, la labranza de "post desmonte" y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo, durante 1978 a 1987 en sur oeste nigeriano. Los resultados mostraron que la deforestación y los cambios en el uso del suelo causan cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, los cuales habían sido extremadamente favorables bajo el sistema boscoso antes de la tala. La densidad aparente y la resistencia a la penetración como indicadores de la compactación se incrementaron

significativamente y con ello la infiltración se vio reducida debido al pisoteo del ganado (3 cabezas por hectárea).

Marco Legal

La normatividad ambiental a nivel nacional e internacional vigente que aplica al presente proyecto está comprendida por decretos, leyes y resoluciones expuestos a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3.

Marco Legal

Órgano Regulador	Norma	Pertinencia	Comentario
Constitución Nacional- Código de Recursos Naturales	Decreto- Ley 2811 de 1974	Parte XII, artículos 302 a 304 establece que:	Establece que: - La comunidad tiene derecho a disfrutar de paisajes urbanos y rurales que contribuyan a su bienestar físico y espiritual. Se determinarán los que merezcan protección. - En la realización de las obras, las personas o entidades urbanizadoras, públicas y privadas procurarán mantener la armonía con la estructura general del paisaje. Asimismo, el Decreto establece las responsabilidades de las Administraciones en la preservación del paisaje.
Ministerio de Salud	Decreto 775 del 16 de abril de 1990	Artículo 1	Del Objeto del Control y Vigilancia Epidemiológica. El control y la vigilancia epidemiológica en el uso y manejo de Plaguicidas, deberá efectuarse con el objeto de evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro del ambiente.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	El Objetivo es que se garantice el derecho de todas las personas a gozar de un medio ambiente sano y se proteja el patrimonio natural y la soberanía de la Nación.
UNESCO	Ley 45 de 1983	Ratifica el Convenio de las Naciones Unidas para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural.	El convenio pretende conservar el patrimonio cultural y el patrimonio natural, los cuales están cada vez más amenazados de destrucción, no sólo por las causas tradicionales de deterioro sino también por la evolución de la vida social y económica que las agrava con fenómenos de alteración o de destrucción aún más temibles; así mismo, considera que el deterioro o la desaparición de un bien del patrimonio cultural y natural constituye un empobrecimiento nefasto del patrimonio de todos los pueblos del mundo.

Tabla 3. Marco Legal (continuación)

Ministerio de Ambiente	Ley 165 de 9 de noviembre de 1994	Aprueba el Convenio Sobre la Diversidad Biológica	Cuyos objetivos son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Decreto 00155 de 2004	Reglamenta el artículo 42 y 43 de la Ley 99 de 1993	Estableció que cuando se utilice el recurso hídrico se deben pagar tasas por uso o tasas compensatorias, tasas por utilización de aguas superficiales, las cuales incluyen las aguas estuarinas, y las aguas subterráneas, incluyendo dentro de estas los acuíferos litorales. No son objeto de cobro del presente decreto las aguas marítimas.
Congreso de la Republica – Vigila ICA	Ley 1159 de 20 de septiembre de 2009	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Rotterdam	Para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos, objeto de comercio internacional.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 1277 de 2006	Paisaje en el sector eléctrico	Disponen “Establecer las unidades de paisaje regional y su interacción con el proyecto, se podrán utilizar sensores remotos como imágenes de satélite, radar o fotografías aéreas”.

Nota: Normatividad Colombiana con base en Decretos, Leyes y Resoluciones aplicables correspondiente a la conservación del medio ambiente y sus recursos. Adaptado de “Decreto-Ley 2811/1974”, “Decreto 775/1990”, “Decreto 1076/2015”, “Ley 45/1983”, “Ley 165 /1994”, “Decreto 00155/2004”, “Ley 1159/2009” & “Resolución 1277/2006”; por Landazábal & Romero, 2018.

CAPITULO IV

Metodología

El estudio realizado es mixto. Según Pacheco & Contreras (2008), los métodos mixtos son procesos capaces de recolectar, analizar y vincular datos de tipo cualitativo y cuantitativo. Poseen la ventaja de dar una visión más precisa y adquirir un mayor grado de comprensión del fenómeno en estudio, la posibilidad de una multiplicidad de observaciones permite un análisis más acabado del problema y una mayor variedad de perspectivas de análisis. La investigación se dividió en cuatro fases de la siguiente forma:



Figura 4. Metodología de investigación. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

FASE 1:***La zonificación y caracterización por actividad productiva y delimitación espacial.***

La comunidad de la zona de estudio, fue testigo del conflicto armado desde 1993 hasta el 2005 a causa de la falta de oportunidades económicas por los cambios de cultivos tradicionales de subsistencia a ilícitos y nuevamente a productos como el café, ocasionaron una migración de la zona rural al área urbana. Adicionalmente, la carencia de centros educativos obligan a la migración al centro urbano, así como también la dificultad de transportar los productos agrícolas debido al mal estado de las vías (Municipio de Mesetas, 2002); por lo tanto no existe información geográfica con el detalle suficiente para poder hacer un análisis espacial, como herramienta para determinar el impacto al suelo en la misma.

****Actividad 1.1: Actualización de información de la zona.***

Se llevo a cabo la revisión bibliográfica de fuentes como el IGAC, CIAT, ICA, DANE principalmente para hacer la caracterización de la zona. Esto se realizó mediante el análisis de contenido, que es una de las técnicas más elaboradas y que goza de mayor prestigio científico en el campo de la observación documental (Bilbao, 2002). Además, con la información de los geoportales (capas) y documentos se realizó el mapeo: uso del suelo, conflicto por uso del suelo, presencia de ganadería, presencia de monocultivos, área de la vereda y demás.

****Actividad 1.2: Mapeo de zonificación***

Con la información recolectada se realizó el mapa de zonificación, donde se puede identificar con facilidad el estado actual de la zona de estudio con algunas características específicas del suelo que ayuden a los expertos a tomar decisiones. El mapa se realiza con el software ArcGis 10.1.

****Actividad 1.3: Mapeo de caracterización***

Teniendo en cuenta que no existe información al nivel de detalle necesario, se realizó cartografía social en la zona de estudio con dos de los líderes de la junta comunal de la vereda. A partir del mapa base generado por la electrificadora donde están las vías terciarias y la ubicación de las parcelas, los líderes hacen un nuevo mapa identificando el tamaño en hectáreas (Has.) y la distribución en las veredas. Teniendo esta información análoga, se sistematiza en capas compatibles con el software ArcGis 10.1. Las capas base que contienen la cobertura del área a

caracterizar se extraen del Geoportal del DANE: vías primarias, cuerpos de agua y relieve. Teniendo toda la información en el software, tanto la recolectada en campo como la obtenida del geoportal, se realiza la caracterización de las actividades productivas para la zona de estudio: la vereda La Barrialosa, Mesetas-Meta. Se realiza la división del terreno por predios, teniendo en cuenta el relieve del mismo, con el fin de tener un panorama más específico de la zona de estudio e identificar con mayor facilidad los impactos al suelo.

FASE 2:

Definición de criterios y expertos para evaluación del impacto sobre el suelo por las actividades productivas.

**Actividad 2.1: Selección de los expertos y criterios.*

Selección de expertos

Para el caso específico del estudio, se van a tener en cuenta nueve (9) expertos, según la Corporación Rand (Delgado & Romero, 2015) es necesario este número en promedio para darle solidez al estudio; estos hacen parte de cuatro grandes categorías que engloban a los interesados. Para este caso, no se va a tener en cuenta la formación académica, sino el área de conocimiento:

a) Empíricos: personas que habitan en la zona de estudio y han hecho un seguimiento al comportamiento del suelo para su propio beneficio y tienen conocimientos de la dinámica de ambas actividades productivas;

b) Instituciones públicas: (secretaría de medio ambiente y Región Administrativa de Planeación Especial -RAPE) interesadas en el desarrollo sostenible del municipio, con conocimiento de la situación actual de la zona de estudio y técnicas de restauración ecológica;

c) Grupo de investigadores: academia en general interesada en temas de desarrollo y medio ambiente. Con conocimiento en desarrollo territorial, planeación e impactos en el suelo.

d) Agrónomos: personas que tiene amplios conocimientos en ambas actividades productivas y en los insumos agroquímicos, pesticidas y demás insumos que se deben emplear para mantener la productividad.

Selección de criterios

Se realizó una revisión bibliográfica y análisis de contenido de esta, con el fin de identificar criterios de valoración de impacto al suelo que se tuvieran en cuenta en una cantidad significativa de estudios similares al que se planteó. Además, se cruzó esta información con la obtenida de los expertos en el tema y se seleccionaron los diez (10) criterios en los que coincidieron tanto expertos empíricos como académicos y que coincidían con las recomendaciones de la academia.

Actividad 2.2: *Revisión bibliográfica.

La definición de criterios e indicadores se centró en complementar la revisión de bibliografía, principalmente de estudios del IGAC, FAO, Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de Medio Ambiente, Alcaldía de Mesetas, Gobernación del Meta, DANE, CIAT, Federaciones agrícolas - ganaderas y otras entidades, con criterios proporcionados por expertos en el tema; en el momento de hacer la revisión se identificaron los criterios que más tienen respaldo e importancia en el estudio. Con el fin de obtener el análisis de expertos en diferentes áreas que permiten conocer las diferentes visiones y elementos manejados en el impacto al suelo. Cada criterio e indicador se seleccionó de acuerdo a los siguientes lineamientos:

- Datos Actualizados: se contó con datos e información reciente que permitió un análisis actual.
- Evaluables: Que cada criterio e indicador fuera fácil de calificar de acuerdo a lo expresado por los expertos.
- Representativos: Que realmente cada criterio e indicador abarcara el campo del problema y sean significativos para el análisis.
- Cualitativos: Cada criterio se pudo calificar según información previa y actualizada, sin necesidad de tomar y analizar muestras cuantitativas.

FASE 3

Aplicación de la metodología multicriterio

Para seleccionar el tipo de metodología multicriterio a utilizar, se analizaron las dos más viables en términos generales: Delphi y Proceso Analítico Jerárquico –AHP.

El método Delphi se basa en el análisis de las ideas de un grupo de expertos que se especializan en un campo de conocimiento en una búsqueda de un consenso de opinión (Linstone & Turoff, 1975). Siendo esta la base, es necesario que cada uno de los expertos se encuentre en el mismo lugar para debatir hasta ponerse de acuerdo en una alternativa.

La metodología de AHP es similar al Delphi, pero cada experto da su opinión de forma independiente y luego se le da un puntaje numérico a la opinión del experto. Por tanto, se tratarían variables mixtas (cualitativas y cuantitativas), ideal para tener un resultado a partir de criterios complejos. Esta metodología es óptima para ser empleada teniendo en cuenta que los habitantes de la vereda son uno de los grupos de expertos más importantes y estos están muy susceptibles a hablar con personas externas a la misma, en especial si son representantes del gobierno por los traumas sociales que ocasionó el conflicto armado en este sitio. Por tanto, los empíricos no estarían dispuestos a participar en el estudio y habría un sesgo muy amplio, porque ellos son quienes han visto la evolución del suelo y es indispensable su conocimiento.

Según la (Comisión Europea, 2006), los procesos que amenazan los recursos del suelo son: la compactación, erosión del suelo, pérdida de materia orgánica, deslizamientos de tierra, contaminación, sellado del suelo y la pérdida de la biodiversidad del suelo. Si se establecen e implementan las acciones necesarias se podrán salvaguardar los servicios ecosistémicos y así mismo darle paso a las generaciones futuras para que aprovechen parte de los recursos que disponemos hoy.

La metodología del Proceso Analítico Jerárquico, conocido por sus siglas en inglés como AHP (Saaty, 1980), modela los problemas de decisión por medio de una jerarquización por niveles relacionados entre sí unidireccionalmente. El nivel superior de la jerarquía es el objetivo por cumplir, en el nivel intermedio están los componentes macro que globalizan la problemática. A partir de estos, se generan los criterios, que son los elementos base para evaluar las alternativas por su capacidad para cumplir los objetivos. Para lograr esto, se hace un apalancamiento con una

escala que expresa de forma adecuada la intensidad de las preferencias de cada experto, permitiendo asignar peso a cada uno de los criterios, determinando así su importancia. Los criterios pueden ser de naturaleza variable: cuantitativos y fácilmente medibles o cualitativos y difícilmente medibles.

Al definir los elementos de la jerarquía se debe vigilar que cada criterio comparado tenga una peso similar con respecto al objetivo por alcanzar. El método resulta ser muy eficiente al comunicar la alternativa más viable con base a los puntajes obtenidos por cada criterio. Finalmente, en la parte inferior se encuentran las posibles alternativas como respuesta al objetivo planteado inicialmente.

Para el caso de estudio, se abarcaron únicamente el ámbito ambiental y de este, específicamente el recurso suelo debido a la limitante de explotación del uso del suelo que tienen por ser destinada, según el EOT como área forestal. Al ser un estudio mixto, se puso a disposición de los expertos la información necesaria para que se contextualizaran y fuera coherente la toma de decisiones de los mismos.

Los dos componentes que se tuvieron en cuenta para la toma de decisiones fueron los procesos físicos y biológicos de los suelos. En el momento en que los expertos calificaron cada actividad productiva con los criterios específicos de cada componente, se pudo conocer cual es la alternativa que cumple con el objetivo planteado.

Los criterios mencionados en la Tabla 4, son el resultado de la revisión bibliográfica; estos se tuvieron en cuenta junto con los propuestos por los 28 expertos a quienes se les consultó para tener una menor incertidumbre a la hora de seleccionarlos los criterios que a continuación fueron seleccionados:

Tabla 4.
Criterios de evaluación.

CRITERIOS	CATEGORÍA				REFERENCIA
	AGRICULTORES Y CAMPESINOS	ACADEMIA	GANADEROS	ING.AGRÓNOMOS	
Pérdida anual del suelo por erosión	X	X			(United States Department of Agriculture 1996); (Hughes, 1981)
Compactación	X		X	X	(United States Department of Agriculture 1996)
Consumo del agua / área	X	X			(Altieri & Toledo, 2011); (Hughes, 1981)
Productividad / área		X		X	
Pérdida de nutrientes / área		X			
Desleimiento		X			(Chan & Mullins, 1994)
Tiempo de regeneración	X	X	X		
Degradación de los suelos				X	
Conflicto de uso del suelo				X	
Clima		X			

Nota: Criterios seleccionados a partir de la revisión bibliográfica con el fin de construir los criterios finales con ayuda de los expertos. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

Definición de los criterios:

- **Compactación del suelo:** Corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él (Balbuena, Botta et al, 2003).
- **Pérdida de suelo por erosión:** Pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (IDEAM, 2015).
- **Remoción en masa:** Es el desplazamiento de material litológico, suelo, roca o cobertura vegetal hacia abajo por acción de la fuerza de la gravedad, la influencia de la pendiente del terreno y la cohesión o características del material en cada caso (Vargas, 2000).
- **Conflicto por uso del suelo:** Se presenta cuando el uso del suelo no corresponde al uso potencial del mismo, es decir, que las exigencias de la cobertura vegetal establecida son diferentes a la capacidad natural ofrecida por el suelo (IGAC, 1990).
- **Pérdida de fertilidad:** Es el deterioro o la pérdida total de la capacidad productiva del suelo a corto y a largo plazo (Gardi et al., 2014).

- ***Reducción de la capacidad de infiltración del suelo:*** Se produce como consecuencia de la desagregación que consiste en producir un sello superficial del suelo (Duley, 1987; Ellison, 1947).
- ***Vocación del suelo:*** Hacer uso y aprovechamiento del suelo de forma eficaz y eficiente, teniendo en cuenta las características intrínsecas y el uso principal que se le debe dar para tener una mayor productividad.
- ***Reducción del contenido de materia orgánica:*** Reducción de la cantidad de residuos descompuestos por el suelo y la materia orgánica, de los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) que son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes) (FAO, 2010).
- ***Rentabilidad:*** Es la relación que existe entre la utilidad y la inversión necesaria para lograrla; se denomina rentabilidad a la medida del rendimiento que en un determinado periodo produce los capitales utilizados en el mismo. Esto supone la comparación entre la renta generada y los medios utilizados para obtenerla (Zamora, 2008).
- ***Productividad:*** Para Levitan, Sar, & Werneke (1984) es un indicador de la eficiencia con la cual los recursos humanos, capital, conocimientos, energía, etc., son usados para producir bienes y servicios en el mercado.

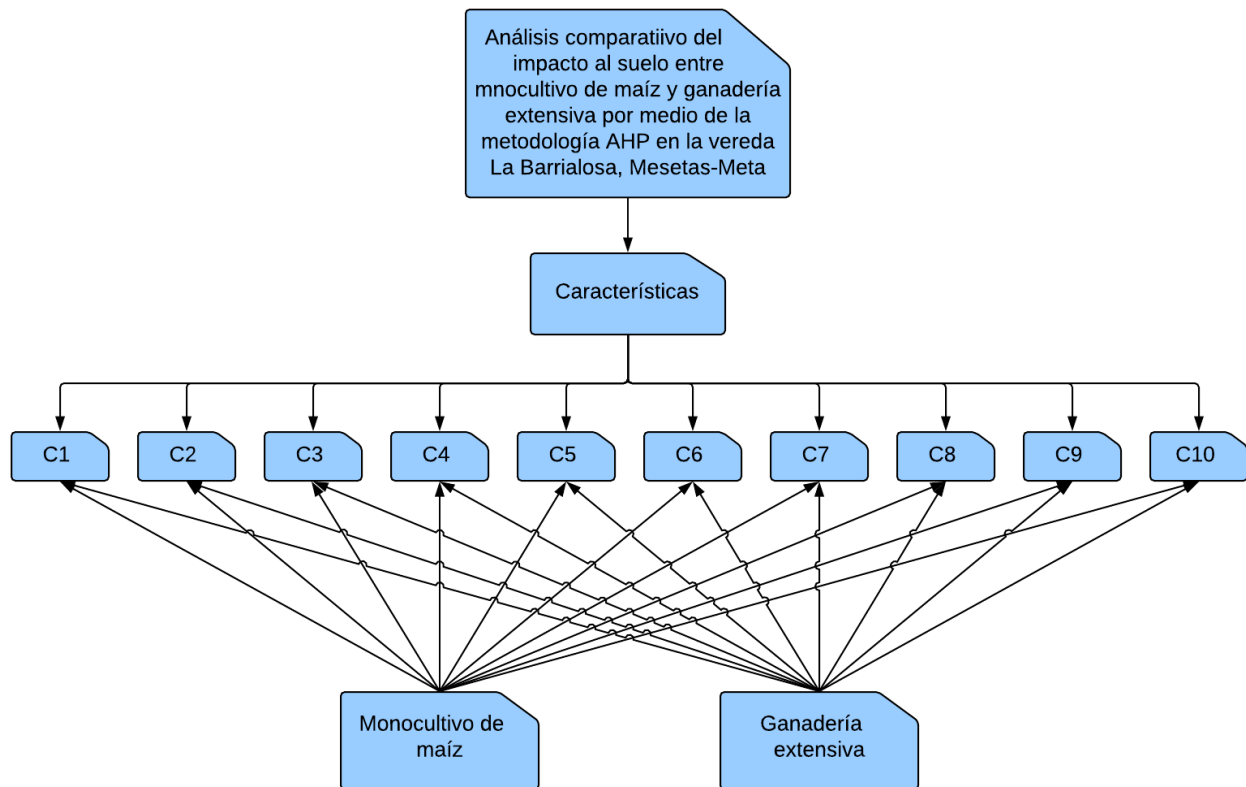


Figura 5. Estructura de metodología AHP. Adaptado de Saaty, 1980 por Landazábal & Romero, 2018.

***Actividad 3.1: Aplicación y sistematización de los resultados obtenidos en la matriz de valoración**

Al comparar cada criterio con cada posible alternativa, según la información dada por los expertos, se construyó la matriz, cuya diagonal principal está formada por el número 1 en su totalidad, ya que en cada caso se compara cada criterio con él mismo y además será una matriz recíproca, es decir que si A con respecto a B es $1/3$ y B con respecto a C es $1/3$, entonces A con respecto a C tiene que ser $1/9$, si da un valor diferente se está incurriendo en una inconsistencia (Aznar, 2005). Para la realización de estos cálculos, se hace uso del software Expert Choice V.11. Con el fin de obtener resultados más precisos y con mayor rapidez.

Para comparar las características el método emplea las características siguientes adoptadas de la Escala Fundamental de Comparaciones Pareadas de (Saaty, 1980):

Tabla 5.*Escala de comparación entre criterios.*

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
2	Importancia intermedia	Valor intermedio para cuando es necesario matizar
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
4	Importancia intermedia	Valor intermedio para cuando es necesario matizar
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
6	Importancia intermedia	Valor intermedio para cuando es necesario matizar
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
8	Importancia intermedia	Valor intermedio para cuando es necesario matizar
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B están fuera de toda duda
Recíprocos de lo anterior	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B, las notaciones serían las siguientes: Criterio A frente al criterio B 5/1 Criterio B frente al criterio A 1/5	

Nota: Conversión de información cualitativa a cuantitativa mediante medición de 1 a 9. Adaptado de Saaty, 1995; por Landazábal & Romero, 2018.

Con esta matriz, fue posible dar un peso a cada criterio por actividad productiva y evaluar el impacto generado al suelo por cada una, teniendo en cuenta los criterios específicos del suelo. La metodología es adaptada de Saaty (1995).

***Actividad 3.2: Definir la actividad productiva que genera un mayor impacto sobre el suelo.**

Se obtiene como resultado de la comparación de los criterios con respecto a las actividades productivas y entre los mismos criterios. Al final, después de evaluar los puntajes para cada una, en aras de validar la información, se realizó la comparación entre los resultados obtenidos y el análisis de contenido realizado a la bibliografía.

FASE 4

Análisis de resultados

****Actividad 4.1: Relacionar el resultado de los puntajes obtenidos.***

Teniendo los resultados finales y la puntuación de cada actividad productiva con respecto al impacto al suelo, se hizo un análisis de los criterios que más influyeron en la obtención del resultado final y los diferentes posibles escenarios que se podrían haber presentado.

****Actividad 4.2: Comparar el resultado obtenido con los estudios existentes.***

Teniendo como base los antecedentes descritos en el presente trabajo y otros estudios, se hizo una comparación y validación de la información por medio de la metodología del análisis de contenido, metodología recomendada por la comunidad científica en el ámbito de la investigación, con el fin de darle solidez al resultado obtenido.

CAPITULO V

Resultados y Análisis de Resultados

A continuación, se describen los resultados obtenidos por cada objetivo planteado, junto con el análisis correspondiente

Zonificación y Caracterización de las actividades productivas, como insumo para el análisis del impacto al suelo.

En el Departamento del Meta, las principales actividades económicas son: la agricultura, la ganadería, el comercio, la minería y una incipiente industria son los principales renglones de este departamento llanero. Los cultivos que se destacan son arroz, palma africana, plátano, maíz, además de los de cacao, cítricos y otros frutales. La actividad ganadera se centra en la cría, levante y engorde de ganados vacuno, porcino, equino, caprino y ovino (DANE, 2015).

En Mesetas, existen 500 productores de plátano, 600 productores de café, 105 productores de cacao, 600 productores de maíz, 150 productores de caña panelera; En el sector rural el 85,5% viven de la agricultura y la ganadería (Alcaldía de mesetas, 2012b), el 45,3% de los habitantes del sector urbano están vinculados al sector agrícola y ganadero.

La zona de estudio junto con la descripción y análisis de la información recolectada in situ, respecto a la distribución por actividad productiva en la vereda, los análisis generados al suelo por las actividades realizadas en la preparación del suelo. Se realizaron dos visitas a la zona de estudio; en la primera se hizo el reconocimiento; en la segunda, se tomaron los puntos de georreferenciación de las fincas en la vereda, además, se realizó una dinámica de cartografía social con habitantes de la vereda, con el fin de ubicar espacialmente y visualizar con facilidad la distribución de las actividades productivas en cada una de ellas.

La distribución de las actividades productivas en la vereda La Barrialosa se puede observar en la *Figura 6*.

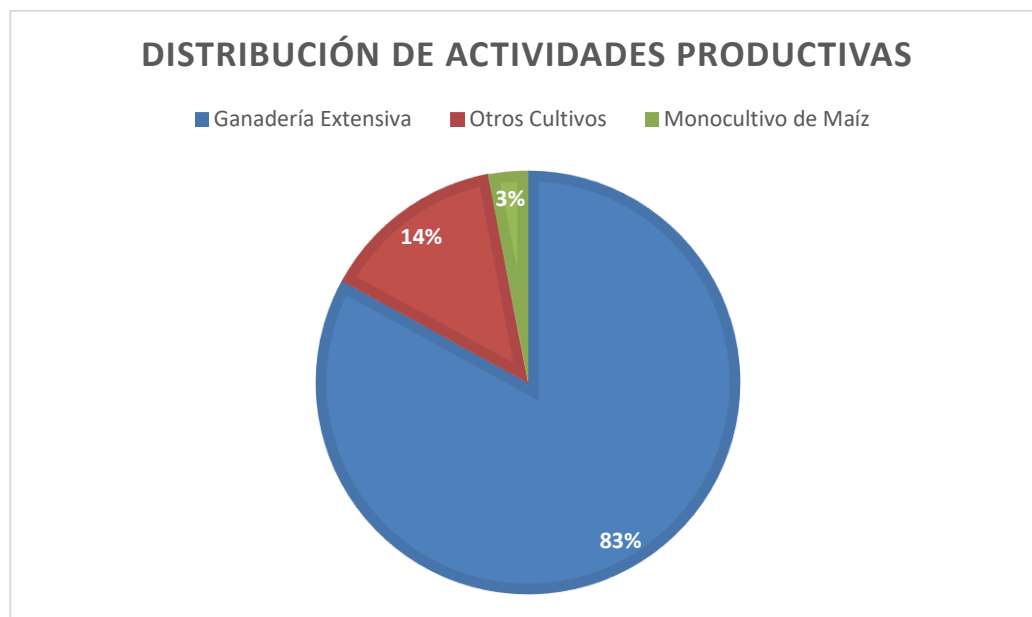


Figura 6. Distribución de actividades productivas. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

Mesetas está compuesta por 56 veredas. La vereda La Barrialosa tiene un área de 1.714,46 has, es decir, 17.14 Km² de superficie, siendo así, la vereda en estudio tiene una cobertura del 0,7% del área total del municipio de Mesetas (ver Figura 7).

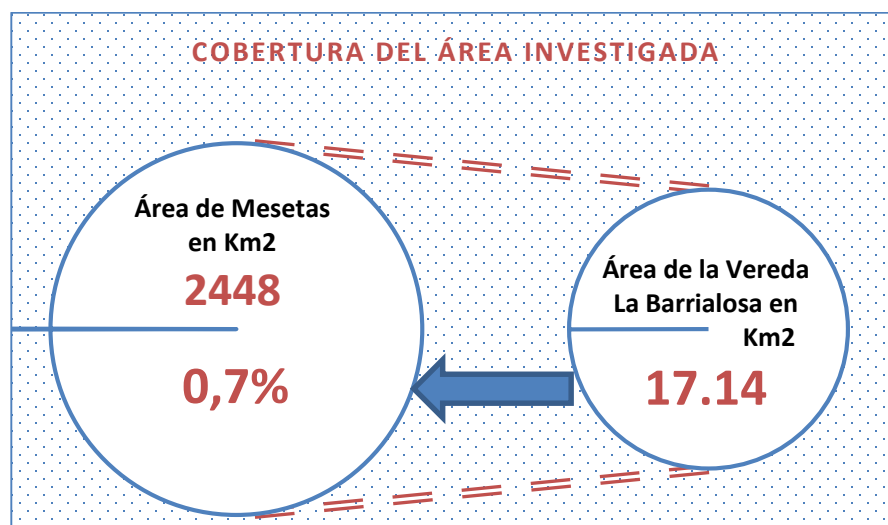


Figura 7. Cobertura del área investigada. Adaptado de Alcaldía de mesetas (2012a); por Landazábal & Romero, 2018.

La vereda La Barrialosa se seleccionó como zona de estudio debido a la facilidad de acceso con respecto a las demás veredas, teniendo en cuenta que la organización The HALO

Trust se encuentra desminando el área desde el año 2017, por tanto, existen mejores garantías de seguridad para el desarrollo de la investigación (ver Figuras 1 y 2).

Por medio de la cartografía social (Apéndice 1), se identificaron los principales sistemas de producción que se desarrollan en la vereda La Barrialosa.

Análisis de resultados de la cartografía social:

A partir de las dos visitas a la comunidad, se realizó un mapeo describiendo gráficamente los siguientes ítems:

- Zonificación de actividades productivas
- Vocación y uso de suelo
- Poblamiento
- Distribución de parcelas y monocultivos

De la cartografía (Apéndice 1) se puede apreciar que la base para lograr la orientación y ubicación de las fincas fue el mapa de la electrificadora elaborado en el año 2016, y fue a partir de la ubicación de los postes de luz, de la señalización de las vías principales y la ubicación de fuentes hídricas. Los pobladores identificaron la distribución de sus parcelas junto con las características específicas de cada una, tales como el área total y el área destinadas a las actividades productivas: monocultivo de maíz y ganadería extensiva. Cabe resaltar que las personas que participaron son quienes han vivido allí toda su vida, se dedican a cuidar y mantener la producción en las diferentes parcelas. En el anexo A, se puede observar con detalle, la distribución de la vereda, en la cual se encontró que el 28% del total de las parcelas, concentran entre 50 y 180 hectáreas para el monocultivo del maíz sin ningún control o límites para evitar la compactación.

Donde se identifica que la vereda La Barrialosa, se divide en 36 parcelas. En general, se logró identificar que en las parcelas se realizan los dos tipos de actividades productivas en estudio: ganadería extensiva y monocultivo de maíz, en diferentes proporciones. Además, se identificó que los agricultores-ganaderos dedican aproximadamente el 17% del terreno en cultivos de maíz, café, frijol, plátano y yuca, y el 83% se divide entre pastizales majadal y el resto son paisajes originados por transformación de bosques o matorrales cuya finalidad es de uno ganadero (Tormo, 2016).

Por otro lado, según el Plan de Desarrollo Municipal (Alcaldía de mesetas, 2012b), algunos inversionistas externos al municipio han venido comprando predios de mayor extensión para que grandes latifundios queden en manos de unos pocos, en especial en zonas aledañas a la cabecera municipal y adjuntas a la vía nacional. Esta situación se viene presentando desde hace siete (7) años, desde el 2011 y tiende a seguir aumentando (Apéndice 2).

En el Anexo A, se encuentra cuantificado el tamaño de las parcelas de la vereda La Barrialosa, información que se recolectó en campo con ayuda de la herramienta cartografía social, como instrumento válido de construcción colectiva de conocimiento. Se logró con ayuda del ex presidente de la junta comunal de la vereda la Barrialosa construir un mapa base el cual fue retroalimenta con otros pobladores de la vereda, como se puede apreciar en el Apéndice 1.

Monocultivo de maíz

A partir de los resultados arrojados por este estudio, se afirma que este tipo de cultivo hace parte del 18% del área total de la vereda con un área de 308has. Es un cultivo de tipo cíclico o anual, que tarda en ser cosechado cinco meses y culturalmente en la zona de estudio se le otorgan siete meses de reposo para volver a ser sembrado, mas exclusivamente cuando inicia la época de lluvia, en el mes de marzo.

Prácticas de siembra tradicional

A continuación, se enlistan las prácticas culturales que se utilizan en el suelo por los agricultores y campesinos de la vereda:

Tabla 6.*Proceso de siembra de maíz*

PROCESO DE SIEMBRA APLICADO POR LOS HABITANTES DE LA VEREDA LA BARRIOSA
Limpiar el terreno con guadaña o machete
Se deja secar el rastrojo
Se quema el terreno para que quede limpio
Se siembra comenzando la época de lluvia
Fumigación con Amania o Tronador. Proporción 1 Galón (4l) - Ha
Se deja crecer el maíz
Esperar que seque
Recoger siembra

Nota: Prácticas culturales en cuanto al proceso de siembra del maíz. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

Una vez realizadas las actividades, se esperan cinco (5) meses para recoger la cosecha de maíz. Finalmente, se deja en periodo de barbecho el suelo durante siete meses para volver a sembrar. Esto se realiza con el fin que el suelo recupere los nutrientes y esté en estado óptimo para la nueva siembra; además, en caso de observar un deterioro del suelo, se realiza rotación de terreno, dándole así más tiempo de reposo al suelo para su regeneración.

Ganadería extensiva

La principal actividad económica de la vereda es la ganadería extensiva desde hace cuatro años, cuando inversionistas comenzaron a comprar grandes extensiones de predios, en contravía del perfil agroforestal del municipio. Esto ha ocasionado la escasez de ofertas (Secretaría de planeación, 2012).

El mantenimiento de los suelos para esta actividad productiva realiza las siguientes actividades:

Tabla 7.*Prácticas ganaderas aplicadas por los habitantes de la vereda*

PRÁCTICAS GANADERAS APLICADAS POR LOS HABITANTES DE LA VEREDA LA BARRIALOSA
Limpiar rastrojos con guadaña
Quemar el suelo
Sembrar pasto amargo y llanero
Fumigar con Amina o Tronador (1 galón por hectárea)
Dejar que crezca y semille
Soltar el ganado

Nota: Prácticas culturales de ganadería. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018

El suelo se deja descansar durante 40 a 60 días, haciendo rotación con otras parcelas. En general, se estima que la densidad de ganado por hectárea es de una o dos cabezas de ganado por hectárea.

Tal como se observa en las tablas anteriores, el proceso de preparación del suelo para ambas actividades es muy similar; las concentraciones empleadas también lo son, por tanto, no se encuentra una diferencia en el impacto generado por estas.

Criterios y Expertos para el Análisis del Impacto al Suelo

Se seleccionaron diez (10) criterios al cruzar información proporcionada por expertos y por académicos, los cuales se utilizaron como base de la investigación. Dentro del grupo de expertos que aportó información relevante a la investigación, hacen parte dos miembros de la Región Administrativa y de Planeación Especial –RAPE¹. Además de ingenieros ambientales, geólogos, agricultores, ganaderos y académicos en general. En total se tuvieron en cuenta nueve (9) expertos.

¹ Es una institución pública con la visión de “integrar un territorio con equilibrio social, económico y ambiental culturalmente diverso y globalmente competitivo e innovador” (D. García, 2018).

Impactos Generados por Cada Actividad Productiva Sobre el Recurso Suelo

A continuación, se presenta la opinión de nueve (9) expertos en forma cuantitativa. Este grupo de expertos está conformado por dos ingenieros agrónomos, de los cuales uno es dueño de finca en la zona de estudio, dos ingenieros ambientales, un ingeniero catastral, dos agricultores de la vereda y dos ganaderos. Teniendo en cuenta que la opinión de cada uno de ellos tiene la misma importancia, se van a omitir los nombres, pero se van a agrupar de la siguiente forma: externos y comunidad. Entendiéndose por externas las personas que no conocen el área de estudio mas tienen el conocimiento para tomar decisiones con fundamentos e identificar con facilidad el impacto generado en el suelo.

Por otro lado, la comunidad, son los pobladores de vereda que, a pesar de no tener un vasto conocimiento técnico en impacto al suelo, poseen una riqueza cultural y sabiduría empírica fundamental para el desarrollo del estudio. Siendo así, los expertos se van a describir como Experto # (1-9).

En la Tabla 8 se observan la clasificación de expertos por categoría. Cabe resaltar que para que se tenga en cuenta la opinión del experto se acepta un margen de inconsistencia de 0,10 (Vergara, 2010).

Tabla 8.

Categorización de Expertos

<i>CATEGORÍA</i>	<i>EXPERTO #</i>
Externo	1
	2
	3
	4
	5
Comunidad	6
	7
	8
	9

Nota: División de expertos según pertenencia. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

En la Tabla 8 se aprecia que, del grupo de expertos, el 55,5% corresponde al grupo de “externos” que es mayor al grupo de la “comunidad”. Esto se da por dos situaciones: en primer lugar, al ser un estudio de impacto al suelo es necesario que la mayoría de los expertos tengan conocimientos técnicos y logren identificar con precisión la magnitud de los diferentes impactos en el escenario propuesto, por otro lado, no se logró la participación de otros miembros de la comunidad en la investigación, pues según lo manifestaron, se sienten expuestos y temerosos por las posibles reacciones de grupos disidentes de la guerrilla de las FARC.

En la Tabla 10 se observa de forma unificada los resultados obtenidos para cada criterio según los nueve expertos seleccionados. El software Expert Choice V11, fue la herramienta que se utilizó para la obtención de los resultados. A pesar de que el software arrojó resultados individuales por experto, resulta más pertinente hacerlo por cada uno de los criterios, teniendo en cuenta el grupo al que pertenece.

El Experto 2, que hace parte del grupo de los calificadores externos, no pudo ser tenido en cuenta dado el alto grado de inconsistencia detectado por el software, tal como se evidencia en la Tabla 9, donde la inconsistencia fue en 0,80 y el límite aceptado es de 0,1 según la investigación de Vergara (2010). Los demás expertos fueron aceptados, quedando en proporción 50/50 las dos categorías: externos y comunidad.

Tabla 9.

Resultados Experto 2.

	compactac	perdida de	remocion e	conflicto de	perdida de	retencion d	vocacion d	contenido	rentabilida	productivid
compactacion del suelo		4,25	4,02	3,03	4,51	4,77	3,75	4,71	6,05	3,9
perdida del suelo por erosion			4,96	3,76	4,21	4,08	2,91	3,71	1,8	4,56
remocion en masa				3,64	4,85	3,73	6,09	4,61	5,2	5,67
conflicto de uso del suelo					7,39	7,63	5,08	3,75	4,79	5,11
perdida de fertilidad						4,06	4,18	6,48	4,32	4,69
retencion de agua							3,2	4,53	4,21	5,43
vocacion del suelo								4,0	4,08	5,49
contenido de materia organica									4,27	4,02
rentabilidad										3,14
productividad	Incon: 0,80									

Nota: Inconsistencia y descarta del Experto #2. Adaptado de “Software Expert Choice”; por Landazábal & Romero, 2018.

Tabla 10.*Resultados obtenidos*

EXPERTO	CATEGORÍA							
	EXTERNO				COMUNIDAD			
CRITERIO	1	3	4	5	6	7	8	9
Compactación del suelo	GE*	GE	GE	GE	GE	GE	GE	GE
Pérdida del suelo por erosión	GE	GE	GE	MM	GE	MM	GE	MM
Remoción en masa	GE	GE	GE	IGUAL	IGUAL	GE	GE	GE
Conflicto por uso del suelo	GE	MM	GE	GE	GE	MM	IGUAL	GE
Pérdida de fertilidad	MM**	MM	GE	GE	GE	GE	MM	MM
Afectación a la retención de agua	GE	GE	MM	GE	GE	MM	MM	MM
Conflicto con la vocación del suelo	GE	MM	GE	GE	GE	MM	MM	GE
Contenido de materia orgánica	MM	MM	GE	IGUAL	MM	MM	GE	GE
Rentabilidad	GE	GE	GE	MM	GE	MM	MM	MM
Productividad	MM	MM	MM	MM	MM	GE	MM	MM
TOTAL	GE	MM	GE	GE	GE	MM	MM	GE

*GE: Ganadería Extensiva; **MM: Monocultivo de maíz.

Nota: Impacto generado por cada actividad productiva según expertos. Adaptado de “Microsoft Excel”; por Landazábal & Romero, 2018

Compactación del suelo

En la Tabla 10, se observa que para la totalidad de los expertos la ganadería extensiva representa un daño significativamente mayor con respecto al monocultivo de maíz. Esto se puede explicar en el hecho que el ganado no está encerrado en sus respectivas parcelas, por el contrario, en la zona de estudio las parcelas se vuelven comunitarias y el ganado se identifica por su respectivo registro de marca. Al aglomerarse el ganado de las diferentes parcelas sin control alguno, se genera una compactación más severa. Por otro lado, el monocultivo de maíz en la zona de estudio aún no utiliza maquinaria para su recolección, evitando la compactación del suelo.

Esta información la constata Medina (2016) en su estudio, donde menciona que debido al constante paso de grandes cantidades de animales resulta una masa compactada que como resultado genera deslizamientos, avalanchas y derrumbes, a esto le sumamos el tránsito usado para el transporte de leche aumentando los daños, por lo cual nos encontramos con un suelo débil y poco fértil.

Pérdida del suelo por erosión

En general, la ganadería extensiva fue la actividad productiva que según los expertos consultados generó una pérdida del suelo por erosión dadas las condiciones de la zona de estudio. El grupo de expertos externos en su mayoría estuvo de acuerdo con esta afirmación, solo uno de estos consideró que el monocultivo de maíz causa más erosión. Por otro lado, para el grupo de los expertos de la comunidad, la mitad de ellos estaba de acuerdo y la mitad en desacuerdo.

Según García (2007), en la temporada de lluvias, las mismas son más fuertes, provocando escorrentías y erosión. Por otro lado, el paso del ganado sobre las praderas de forma repetida provoca la destrucción de la capa vegetal, desprotegiendo el suelo de la erosión; creando zonas con poca fertilidad.

Remoción en masa

Para los expertos consultados, la ganadería extensiva provoca remoción en masa con mayor facilidad que el monocultivo de maíz. Pues como se definió con el apartado anterior, la remoción en masa es producto de una erosión no controlada y la erosión se produce en este caso, por la ganadería extensiva. Un experto de cada grupo objetó que las dos actividades productivas producen remoción en masa en la misma intensidad.

Según la investigación de Burbano (2007) en Sibundoy-Putumayo, un caso de estudio similar donde se analiza la remoción en masa generada a partir de la ganadería extensiva y factores como la alta pluviosidad provoca la sobresaturación del suelo. Ayudado por las fuertes pendientes en las laderas, que en su mayoría están dedicadas al pastoreo extensivo. Generando fenómenos de remoción en masa (deslizamientos, caída de bloques), que al activarse causan el represamiento de corrientes, creando amenazas de avalanchas e inundaciones que a nivel ambiental causen pérdida de cultivos, disminución de áreas de aprovechamiento, impacto visual, pérdida de hábitat para la flora y la fauna, entre otros.

Conflicto por uso del suelo

Teniendo en cuenta que la vocación del suelo es forestal, es decir, dedicado a la conservación por su importancia ambiental, tres de los expertos externos y de comunidad consideraron que la ganadería extensiva tiene un mayor conflicto por uso del suelo, mientras que dos consideran que el monocultivo de maíz y uno que tienen exactamente el mismo conflicto.

Esta información coincide con la manifestación de Triana & Mongabay (2001): “La principal razón del impacto ambiental de la ganadería es el inadecuado uso del suelo que en su mayoría va en contra de la vocación del mismo. Esta inadecuada gestión termina impactando negativamente las fuentes de agua, las zonas de importancia ecosistémica como los páramos, y degradando los recursos de manera sustancial”.

Pérdida de fertilidad en el suelo

La mitad de los expertos tanto del grupo externo como de la comunidad coinciden en que la ganadería extensiva genera un daño superior al suelo en términos de afectación a la fertilidad del suelo, mientras que la otra mitad considera que el monocultivo de maíz es quien lo hace.

Estudios afirman que con el monocultivo se limita la posibilidad de acumular mayores cantidades de residuos de distinta calidad, que representan aportes significativos de carbono (C) para el suelo (García, 2004) y que una de las formas de fomentar la fertilidad del suelo es manteniendo estable el contenido de materia orgánica, aspecto que no se logra con el monocultivo (Pablos, et al., 2007). Por otro lado, los efectos producidos sobre la pastura del ganado (defoliación, tránsito y pisoteo, retorno por excretas), provocan los procesos erosivos, cambios en el horizonte 0 y la estructura, lo que conlleva a afectar la fertilidad química, mencionado por Vargas & Terán (2010).

Afectación a la retención del agua

En este caso específico, los expertos de ambos grupos no coincidieron en la respuesta. Por un lado, los expertos externos consideran que la ganadería extensiva genera una mayor afectación a la retención del agua en los suelos. Según manifiestan, la compactación hace que se afecte esta capacidad al no tener espacio para almacenar agua ni aire. Por otro lado, la comunidad insiste en que el monocultivo de maíz genera una afectación al suelo en cuanto a la pérdida de la capacidad para retener agua, pues el monocultivo en cuestión requiere grandes cantidades de agua, evitando que esta permanezca en el suelo.

Las investigaciones indican que la ganadería extensiva no afecta la capacidad de retención de agua en el suelo. El estudio de Sadeghian (2017) afirma que: “la adición de fertilizantes orgánicos incrementa la capacidad de intercambio catiónico y mejora las condiciones físicas por el incremento de la capacidad de retención de agua y por ende la estabilidad estructural, entre otros”. Por otro lado, Carles (2012) afirma que los monocultivos, por el contrario, a la ganadería extensiva, si afecta la capacidad de retención del agua. En sus palabras “los monocultivos o uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas químicos son dos prácticas que erosionan con mayor facilidad los suelos, acabando con sus propiedades químicas (los nutrientes) y físicas (textura, permeabilidad y retención de agua)”.

Conflicto con la vocación del suelo

Mientras que para el grupo de expertos externos en su mayoría están de acuerdo con que la ganadería extensiva tiene un conflicto mayor con el suelo, los expertos de la comunidad tienen opiniones diferentes; la mitad de ellos están de acuerdo con los expertos externos y la otra mitad afirma que el monocultivo de maíz es la práctica con mayor conflicto con la vocación del suelo por el uso de herbicidas y demás químicos que cambian las propiedades naturales del suelo.

Estudio confirma que cuando la vocación de un suelo es forestal y se deforesta para la realización de actividades como la ganadería extensiva y el monocultivo de maíz existen graves implicaciones, pues el bosque juega un papel fundamental en el balance hídrico de las cuencas y

el suministro de servicios ambientales a la sociedad, como son el abastecimiento de agua y la conservación del suelo (Chávez et al., 2012).

Contenido de materia orgánica

Para los dos grupos de expertos, la mitad considera que la ganadería extensiva afecta el contenido de materia orgánica en el suelo y los demás expertos consideran que lo hace el monocultivo de maíz.

Desde la academia se realizaron investigaciones que arrojan que las oleaginosas no han mostrado hasta el momento respuestas importantes al agregado de nitrógeno (N) y en el caso de maíz los altos requerimientos de este elemento generalmente no son cubiertos por las dosis de fertilizante aplicadas. Este constante aporte de nutrientes que es realizado naturalmente desde el suelo a través de la mineralización de la Materia Orgánica (M.O.) sin una adecuada reposición, está provocando una disminución en los niveles de M.O. de los suelos de la región (Inta, 2012).

En cuanto a ganadería, Botero (2014) afirma que el oxígeno es esencial para permitir la descomposición de la materia orgánica del suelo y la mineralización de los elementos que nutren a las plantas. La compactación de la superficie del suelo reduce la aireación, limita el espacio de suelo que puede ser ocupado y explorado por las raíces y disminuye la cantidad de agua disponible, dificultando en las plantas su capacidad de nutrirse apropiadamente.

Rentabilidad

Para este criterio, se encontraron diferencias significativas entre la opinión de los expertos externos y los de la comunidad. Por un lado, los Expertos externos afirman que la ganadería extensiva es más rentable en términos económicos, pero los expertos de la comunidad afirman que el monocultivo de maíz es más rentable.

En una investigación realizada por Sun et al. (2002) se indicó que existen los bajos rendimientos resultado de condiciones adversas, como el mal tiempo, el cual repercute directamente en la producción, aumentando la falta de asesoría técnica y el uso de un paquete tecnológico inadecuado.

Por otro lado, para Garzón, (2016), el investigador del Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA) de Cantabria (España), al tener ganado se obtiene una capacidad de movilidad que permite que no solo se use al ganado “como productor de alimentos, lana o cuero” sino que puedan utilizarse “como verdaderas máquinas de fertilizar el territorio para restaurarle, mantener los pastizales y luchar contra la erosión”.

Productividad

Todos los expertos menos uno de los que hace parte de la comunidad consideran que el monocultivo de maíz es productivo con respecto a la ganadería extensiva. En México realizaron una investigación donde se compararon frijol, maíz y calabaza (milpa) y se identificó que el maíz es el cultivo más productivo (Ebel et al., 2017). Esto indica que se aprovechan mejor los recursos y se obtienen mayores beneficios en términos económicos y ambientales. A pesar de ser más productiva esta actividad, sigue siendo más rentable la ganadería extensiva, razón por la cual es la principal actividad económica de la región.

Consolidado de Resultados

El resultado general de los 8 expertos aceptados para el análisis de la actividad productiva que impacta con mayor severidad al suelo se observa en la *Figura 8*. El software Expert Choice arrojó que la ganadería extensiva genera levemente un impacto mayor al suelo con el 53,8% versus el monocultivo de maíz con el 46,2%.

En general, se observa que todos los criterios son inversamente proporcionales entre las dos actividades productivas, es decir, que cuando una actividad productiva genera un impacto severo, la otra actividad no.

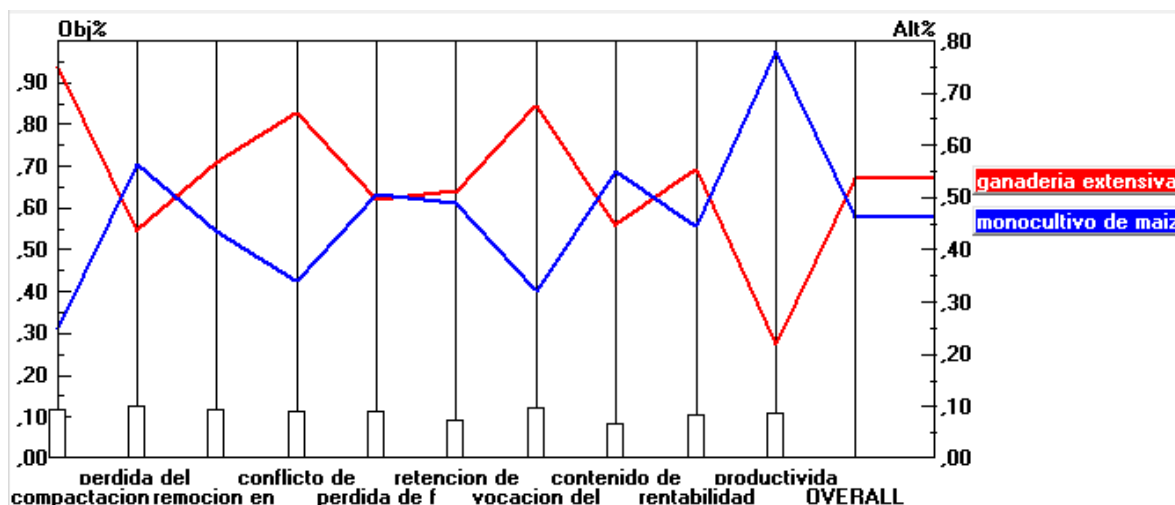


Figura 8 Consolidado de resultados. Adaptado de “Software Expert Choice”; por Landazábal & Romero, 2018.

Por otro lado, para el caso de la ganadería extensiva, los criterios que se ven más afectados por esta actividad con respecto al monocultivo de maíz son la compactación del suelo; seguido por el conflicto de uso del suelo y la vocación del suelo. Con respecto al monocultivo de maíz, los criterios que más importancia tienen en esta actividad son: la productividad, seguido de la pérdida del suelo por erosión (ya que estos cultivos se dan en las laderas en temporada de lluvia exclusivamente) y el contenido de materia orgánica, además, los criterios que menos se ven afectados por esta actividad son la compactación, vocación del suelo, al ser de conservación, genera un pacto levemente menor que la ganadería extensiva y así mismo, el conflicto por uso del suelo.

Tabla 11.
Consolidado de Resultados.

	compactac	perdida de	remocion e	conflicto de	perdida de	retencion d	vocacion d	contenido	rentabilida	productivid
compactacion del suelo		1,1755	1,08694	1,18587	1,10112	1,64039	1,21505	2,30081	1,2709	1,2366
perdida del suelo por erosion			1,40676	1,28675	1,19705	1,45329	1,23747	1,6079	1,2024	1,37755
remocion en masa				1,13182	1,1483	1,45339	1,43378	1,48363	1,492	1,87824
conflicto de uso del suelo					1,0407	1,48373	1,23418	1,21474	1,06421	1,14418
perdida de fertilidad						1,118	1,14319	1,44139	1,19578	1,13923
retencion de agua							1,38489	1,0816	1,16318	1,07727
vocacion del suelo								1,37962	1,0567	1,04499
contenido de materia organica									1,35407	1,56632
rentabilidad										1,04496
productividad	Incon: 0,02									

Nota: Influencia de criterios sobre el impacto al suelo. Adaptado de “Software Expert Choice”; por Landazábal & Romero, 2018.

En la Tabla 11 se observa que la inconsistencia general de la investigación fue 0,02. Por tanto, son coherentes los resultados.



Figura 9 Comparación entre criterios AHP. Adaptado de “Software Expert Choice”; por Landazábal & Romero, 2018

Finalmente, en la Figura 9 se observa la importancia de cada uno de los criterios con respecto a los demás, obteniendo entonces que la pérdida de suelos por erosión es el factor que tiene mayor importancia para los expertos en el momento de evaluar el impacto al suelo y el factor que tiene menor importancia es el contenido de materia orgánica.

CAPÍTULO VI

Análisis de resultados

La hipótesis planteada al iniciar el estudio fue comprobada; la ganadería extensiva representa un impacto mayor al suelo con respecto al monocultivo de maíz.

Los resultados arrojaron que la ganadería extensiva genera una mayor compactación al suelo, esto es correcto, ya que los bovinos que se encuentran aglomerados por el área de estudio, debido a su peso generan la compactación, en la que se ve afectada la estructura del suelo, pues el contenido de aire y agua disminuye (Sadeghian et al., 2017). Por otro lado, a pesar de que ambas actividades productivas provocan conflicto por uso del suelo, al ser un suelo con uso de reserva, se infiere que el monocultivo se hace de forma controlada y durante menos tiempo, mientras que la ganadería precisa la limpieza de terrenos para la posterior siembra de pastizales, donde se desplazarían los bovinos; provocando un conflicto sobre el uso del suelo mayor que el monocultivo. De la misma forma, la vocación del suelo según el (IGAC, 2015) está entre forestal y agroforestal, no aplica para ganadería extensiva, por tanto se está deteriorando el suelo por mal uso (Véase la *Figura 10*). Finalmente, es más rentable esta actividad que el monocultivo de maíz según los resultados obtenidos en esta investigación.

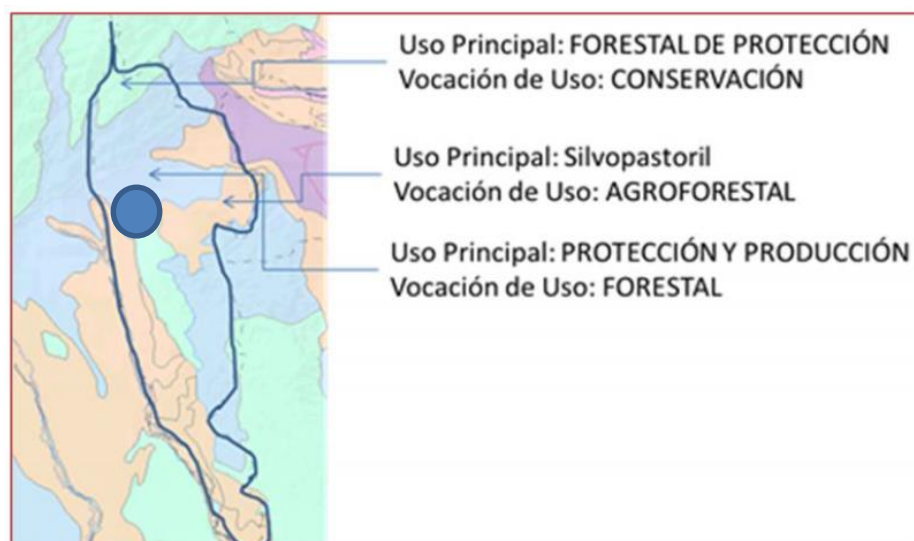


Figura 10 Vocación del suelo. Adaptado de IGAC, 2015.

Al mismo tiempo, el monocultivo de maíz genera una mayor pérdida de suelo por erosión. Esto se debe a prácticas culturales donde los agricultores queman y fumigan el suelo como preparación para que, según los pobladores, esté listo para el cultivo, teniendo en cuenta que en la región están definidas las épocas de lluvias y estas son aprovechadas al ubicar los monocultivos en las laderas de las mesetas, para que el agua lluvia abastezca directamente los cultivos. Esta práctica provoca que inicialmente el suelo quede desprotegido al no tener una capa vegetal que sujete el suelo y por otro lado, el agua lluvia al caer con intensidad durante los cuatro meses comprendidos entre abril y julio, acelera el proceso de erosión. Además, se pierde el contenido de materia orgánica natural del suelo, pues es quemada la capa vegetal para combatir las plagas y por último, es más productiva esta actividad que la ganadería, ya que en una hectárea se puede cultivar 4,3 Ton de maíz, mientras que en el caso de la ganadería, solo se tiene de uno a dos bovinos.

Discusión

Los resultados obtenidos coinciden con el caso de la Amazonía (SINCHI, 2006), donde el suelo tiene la misma vocación: forestal y conservación, por la riqueza biológica que es necesario preservar. Sin embargo, en ambos casos se deforesta con el fin de preparar los suelos para pastoreo del ganado.

Martino (2007), en su investigación, concluye que: “en la Amazonía existen casi seis hectáreas de pastura por cada hectárea de agricultura. Este crecimiento coloca a la ganadería entre las principales causas de deforestación y se explica por la rentabilidad de la ganadería en el Amazonas”. Por otro lado, analiza la agricultura que esta también afecta el suelo por el uso de agroquímicos de forma intensiva y aun así, sigue provocando un impacto al suelo mayor la ganadería extensiva.

De acuerdo con los estudios de FAO (2002) “Se ha detonado una mayor producción y exportaciones de granos en Países como el Brasil y Colombia, donde las tierras abundan relativamente, en parte a consecuencia de la deforestación por el proceso de la actividad

ganadera.” Esto indica, la gravedad del impacto ambiental generado por la acción ganadera donde se ha reducido la producción de alimentos.

Inicialmente, para el establecimiento de un sistema de ganadería extensivo, el hombre debe cambiar la cobertura vegetal, por lo tanto, su primera intervención es la de talar o cortar el bosque nativo, para luego mediante diversos procesos químicos o mecánicos (quema), sembrar nuevas especies de pastos. Este efecto del desmonte genera el primer impacto ambiental (Ambroggi, 2000; Gutiérrez, 2007; Núñez, 2014). Desde otra esfera, las condiciones de impacto ambiental más relevantes derivadas de la actividad ganadera, redundan sobre el planteamiento de Sadeghian (2009) donde esta potencializa la aridez del suelo por las actividades que realiza, tal como la deforestación para la creación de pastizales y así mismo el pisoteo del ganado, los cuales producen alteraciones en la estructura del suelo, provocando detonantes erosivos, escases de nutrientes, entre otros.

Los efectos sobre el agua se relatan en otros informes como los de Alfaro & Salazar (2005), que dejan claro que la contaminación de este vital elemento se hace directamente por las sustancias agrotóxicas como el Roundup (Monsanto, 2010), empleadas en el proceso de producción ganadera, así como a través de las secreciones de estos animales. El efecto adverso del bovino directo sobre el suelo se ve potencializado por la excreción de residuos de medicamentos como purgantes, antibióticos, entre otros, en donde se puede destacar la ivermectrina en estudios que afirman que:

“Afecta directamente la microfauna y descomponedores primarios que son quienes ayudan a mantener y a crear un suelo rico y fértil y por lo tanto contribuir a que se desarrollen los ciclos del suelo que son tan imprescindibles en la naturaleza para tener un ecosistema sano y equilibrado”(Alonso, 2017)

Pues afectan las especies animales del suelo, encontrado por Martínez y Cruz (2000), que según Espejo y García (2001), se pueden disminuir con dieta especial. Es evidente que las afectaciones sobre el agua, el suelo y el aire, tienen su consecuencia también sobre la biodiversidad, pues se altera su ecosistema y sus fuentes de alimentación (Acosta y Guevara, 2009; Castro, 2007; Eastman y García, 2007).

La práctica de quemas estacionales promueve la uniformidad genética al privilegiarse el monocultivo de gramíneas y eliminación de la sucesión vegetal por medios químicos (herbicidas) o físicos (Bernardis, et al., 2004); la desecación de humedales; la construcción de vías de penetración (Cotto, 2012). Frente a la discusión de los autores citados que hablan del tema en cuestión y ante la problemática observada, está claro, según Vera 2008, la situación actual del sector ganadero demanda la aplicación de modelos alternativos que reúnan componentes agroforestales y la actividad pecuaria con el fin de mejorar la producción y a la vez disminuir los impactos al ecosistema, generando beneficios ambientales (M. Mora, Ríos, Ríos, & Almario, 2017).

En el estudio se obtuvo que la ganadería extensiva genera un impacto al suelo superior con respecto al monocultivo en tres criterios puntualmente: la compactación, la rentabilidad y la vocación del suelo. Con esta información, a pesar de no tener un dato exacto del daño causado, se conocen los criterios afectados y funciona como herramienta para que las autoridades competentes generen alternativas para restaurar estas condiciones.

Aun siendo un estudio mixto donde no se realizaron muestras fisicoquímicas, se presentaron varios inconvenientes al recolectar la información con la cartografía social, pues la comunidad es muy susceptible a dar información a personas ajenas a la zona. A pesar de esto, se logró hacer el acercamiento y obtener información sobre las prácticas culturales que realizan y así mismo identificar oportunidades de mejora de la calidad del suelo.

En cuanto a la información geográfica, en el mapa realizado con la comunidad se presentan las parcelas que ellos consideran que están dentro de la vereda y esta información es diferentes a la generada por el Geo portal del DANE, por tanto, se consideran como terrenos baldíos los que están fuera del área de cobertura, pues no hay disponibilidad de información sobre el terreno y su distribución a una escala menor.

Por otro lado, en las entrevistas realizadas a los expertos se generaron experiencias e ideas para mejorar las condiciones de la zona y se condensaron en el apartado de recomendaciones del presente documento.

Conclusiones

Pese a las dificultades para realizar el análisis espacial en la determinación del impacto al suelo, por las razones mencionadas como los efectos del conflicto armado que trajo consigo los cultivos de uso ilícito y prácticas culturales dañinas para la agricultura y la ganadería, se logró recabar información primaria valiosa con pobladores representativos de la comunidad, que facilitó visualizar a partir de la herramienta, cartografía social, el uso del suelo, conflicto por uso del suelo, presencia de ganadería, presencia de monocultivos, área de la vereda que contrastado con los aportes de los expertos académicos, se logró determinar criterios claros para que las autoridades competentes intervengan en pro de la prevención, control y mitigación del impacto al suelo, de esta forma orientar futuras acciones sin daños en materia de agricultura y ganadería en renglones económicos viables para la subsistencia y el desarrollo de la región. A partir del análisis de la influencia de cada criterio de acuerdo a la actividad productiva se evaluó el impacto generado al suelo por las actividades productivas en estudio.

Nueve (9) expertos participaron en la investigación de los cuales y sólo uno de ellos, según la herramienta aplicada, tuvo que descartarse por haber generado una inconsistencia superior a la aceptada; sin embargo, los demás expertos posterior a ser sistematizado sus aportes, facilitaron el análisis de diez criterios seleccionados al cruzar información primaria y secundaria, con lo cual se identificó dentro de otros aspectos los siguientes:

- La actividad productiva que genera un mayor impacto al suelo es la ganadería extensiva con 53,8% versus 46,3% del monocultivo de maíz.
- La ganadería extensiva superó significativamente al monocultivo de maíz en los siguientes criterios: compactación, conflicto por uso del suelo, vocación del suelo y rentabilidad.
- El monocultivo de maíz superó significativamente a la ganadería extensiva en los siguientes criterios: pérdida del suelo por erosión, disminución del contenido de materia orgánica y productividad.
- Los dos grupos de expertos: externos y comunidad coincidieron en un 60%.

Es importante haber determinado la relación del monocultivo de maíz con la pérdida de suelo por erosión y tras identificar claramente los efectos nocivos de dicha actividad económica, se constituye un reto para la academia, las instituciones presentes competentes para la preservación del medio ambiente y las demás autoridades en términos de gobierno local, para que sean transformadas las prácticas culturales y se remplace la quema, fumigo al suelo como preparación para las épocas de lluvias y a nivel de ganadería, se generen opciones rentables y amigables con el medio ambiente que replacen las prácticas actuales en las que en una hectárea se tiene sólo un bovino lo que equivale a grandes extensiones de tierra usadas de manera improductiva y dañina para la sustentabilidad y seguridad alimentaria.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta que las entidades públicas podrían usar esta información como base para la toma de decisiones, se recomienda complementar esta información con muestras fisicoquímicas en campo.

Se elaboraron programas de recomendación para que las entidades competentes recuperen la cobertura vegetal, mejoramiento de los sistemas de producción y reconversión a agricultura de conservación.

Programa de recuperación de cobertura vegetal

A continuación, se plantea un programa detallado para la recuperación de la cobertura vegetal que se ha perdido con la ejecución de las dos actividades productivas.

Tabla 12.

Programa de recuperación de la cobertura vegetal

PROGRAMA DE RECUPERACION DE COBERTURA VEGETAL

Elaborado:
Laura Landazábal
Katty Romero



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VILLAVICENCIO

AFECTION	LOCALIZACION	ACTIVIDADES GENERADORAS DEL EFECTO
Pérdida de la cobertura vegetal	El programa se desarrollaría en los predios de la vereda la Barrialosa.	• Quema y fumigación de terrenos para cultivo.

OBEJTIVO

Lograr la recuperación de la cobertura vegetal en la vereda la Barrialosa mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos y bancos de semillas.

TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR

MIGRACION EFICIENTE	RECONVERSION	USO
	X	X

METAS

INDICADORES DE CUMPLIMIENTO

Tabla 12 (continuación)

Generar abono verde a partir de los residuos orgánicos que se producen en la vereda la Barrialosa.	m^2	• Área de vegetación recuperada en
Recuperar la cobertura vegetal a partir de la implementación de bancos de semillas.	m^2	• Cantidad de semillas germinadas por
		$\frac{\text{cantidad de residuos organicos aprovechados}}{\text{cantidad de residuos generados}} \times 100$

ACTIVIDAD	ESTRATEGIA
1. Localización y disposición del espacio.	Disponer de un terreno suficiente para sembrar las semillas de fácil acceso y traslado, así como también de un espacio sea suficiente para compostas, resguardado de las condiciones externas como lluvias, exposición al sol, humedad, entre otros.
2. Determinar la estructura del sistema de compostaje y adecuar el banco de semillas	Se propone el aprovechamiento de materiales reciclables para la estructura del sistema de compost, así como también se proponen los jardines de las casas para implementar los bancos de semilla con el fin de incluir en los procesos la participación y el cuidado del núcleo familiar.
3. Preparación del compostaje	
4. Siembra de bancos de semilla	Se recomienda la siembra de <i>Brachiaria</i> la cual presenta resistencia a plagas y enfermedades. Las especies que integran este género son usadas en su mayoría como pastos para la alimentación animal (EcuRed, 2004) La <i>Canavaria ensiformis</i> , conocida como frijol, representa una parte importante de la dieta diaria de los habitantes de la vereda contribuye al proceso de compost y al banco de semillas por su facilidad de adaptación y resistencia. Los tallos son pocos ramificados (CIAT, 2000), por lo que favorece la fijación al suelo previniendo la erosión y la remoción en masa si se cultiva en laderas.
5. Trituración y aireación del compostaje.	Para facilitar el proceso de degradación se recomienda triturar los materiales antes de comenzar a almacenarlos para el proceso de compost, así mismo es de suma importancia el flujo de aire en la preparación debido a que la degradación se hace de manera aeróbica por los microorganismos y un ambiente anoxico no proporciona el resultado esperado.
6. Postmaduración y almacenamiento del compost	Una vez culminado el proceso de compostaje se debe hacer una revisión física con el fin de identificar si los componentes han sido descompuestos en su totalidad, de lo contrario regresarlo a proceso. Finalmente lo recomendado es almacenar el producto en un periodo de 8-12 meses con el fin de tener un compost de alta calidad y contenido de materia orgánica (Negro et al., 2000).

Tabla 12 (continuación)

7. Uso y Trasplante del banco de semillas	las semillas deben tener un contacto firme con la humedad del suelo para que el proceso de germinación comience de inmediato. Para ello, ajuste la profundidad de siembra para asegurarse que las semillas son colocadas en una zona del suelo con suficiente humedad. Para que puedan emerger del suelo, las semillas no deben plantarse ni muy superficialmente ni muy profundo. Si el suelo es ligero o mullido (muy suelto), gentilmente aplaste o apachurre la tierra alrededor de las semillas plantadas de tal manera que las semillas se pongan en contacto directo con la humedad. También, asegúrese que la temperatura del suelo se haya en el rango óptimo (excelente) de acuerdo al tipo de cultivo. Algunas semillas de hortalizas como los frijoles y el maíz germinan muy lentamente en suelos fríos; una germinación y una emergencia del suelo lentas le da a las plagas del suelo una mayor oportunidad de dañar la planta por lo que se recomienda en esos casos hacer un trasplante una vez las plántulas están germinadas (PennState Extension, 2005)
--	---

COSTO DEL PROGRAMA

Los costos del programa son netamente asumidos por los habitantes de la vereda los cuales quieran acoger la propuesta, a pesar de proponer la utilización de materia reciclable, se deben asumir los costos de la herramienta y la compra de las semillas	Utensilios	Valor
	Semillas	20.000
	Pala, Azadón	45.000
	Regadora, manguera	38.000
	Guantes de protección para jardinería	15.0000

Nota: Estrategia de recuperación de la cobertura vegetal. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

Plan de desarrollo para mejorar el sistema

Se recomienda la división de las parcelas mediante la implementación de un sistema silvopastoril, con el fin de controlar la aglomeración de ganado y así mismo la afectación al suelo.

Tabla 13.

Programa de mejoramiento de sistemas de producción

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCION			
Elaborado: Laura Landazábal Katty Romero		 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVICENCIO	
AFECTACION	LOCALIZACION	ACTIVIDADES GENERADORAS DEL EFECTO	
*Compactación al suelo. * Perdida de materia orgánica.	El programa se desarrollaría en los predios de la vereda la Barrialosa.	• Ganadería extensiva. • Falta de división entre potreros	
OBEJTIVO			
Lograr el mejoramiento de los sistemas de producción mediante la implementación de un sistema silvopastoril.			
TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR			
MIGRACION EFICIENTE	RECONVERSION	USO	
	X	X	
METAS	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO		
• Mejorar la calidad de suelo • Mejorar el rendimiento y la durabilidad del suelo.	• propósito. • potreros.	• 1 bovino x 1 hectárea • División con barreras vivas de doble • Incremento de la durabilidad de los	

Tabla 13 (continuación)

ACTIVIDAD	ESTRATEGIA	
1. Localización y planeación de las divisiones.	Determinar el tamaño de los potreros para realizar las divisiones adecuadas, de tal manera que no exceda la carga correspondiente a la ganadería extensiva y garantizando el periodo de recuperación de los terrenos después del sistema de rotación de potreros.	
2. implementación de callejones forrajeros, postes vivos y pastos mejorados.	Se recomienda la implementación de árboles los cuales dan sombra al ganado, mejoran la fertilidad y las condiciones físicas de los suelos, y permiten ingresos económicos adicionales a mediano y largo plazo como madera. Los pastos mejorados producen más forraje y de mejor calidad en comparación con el pasto nativo, además, bien manejados, mantienen o mejoran la fertilidad de los suelos y los postes vivos son árboles leguminosos que sirven como postes permanentes en los alambrados, son fuente de alimento de importancia para el ganado, mejoran la fertilidad del suelo de la parcela y dan sombra al ganado, los callejones forrajeros resultan de la combinación de leguminosas arbustivas y árboles forestales, distribuidos en hileras espaciadas dentro de potreros. Son también fuente de alimento para el ganado (FAO, 2008).	
3. regulación de la carga animal por división	Para incrementar la eficiencia de los potreros se recomienda realizar rotaciones entre la comunidad con el fin de no exceder en ningún predio la carga animal de 1 bovino x ha.	
COSTO DEL PROGRAMA		
Los costos del programa son asumidos netamente por la comunidad de la vereda la Barrialosa, aunque se recomiendan proceso que se pueden hacer en conjunto con los otros programas propuestos, se consideran algunos gastos preventivos para el crecimiento y la preservación de las divisiones en barreras vivas mientras estas se desarrollan a su totalidad.	Utensilios	Costo
	Alambre de púas para división x rollo	80.000 c/u
	Postes en material reciclable	58.000
	Semillas	15.000
	Azadón o pala.	20.000

Nota: Recomendaciones para controlar la compactación por aglomeración de ganado.
Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.

Reconversión a agricultura de conservación

Se recomienda migrar de monocultivo a agricultura de conservación paulatinamente para dar respuesta a la vocación del suelo: forestal.

Tabla 14.

Programa de reconversión a agricultura de conservación

PROGRAMA DE RECONVERSION A AGRICULTURA DE CONSERVACION		
Elaborado: Laura Landazábal Katty Romero		UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVICENCIO
AFECTACION	LOCALIZACION	ACTIVIDADES GENERADORAS DEL EFECTO
Modificación del uso del suelo de conservación.	El programa se desarrollaría en los predios de la vereda la Barrialosa.	Ganadería extensiva. Monocultivo de maíz Procesos culturales de preparación del suelo (quema y fumigación).
Deterioro del suelo.		
OBEJTIVO		
Contribuir al mejoramiento de los ingresos económicos de la vereda la Barrialosa mediante una reconversión a agricultura de conservación enfocada a cultivos aromáticos comercializados con envoltorios verdes.		
TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR		
MIGRACION EFICIENTE	RECONVERSION	USO
X	X	
METAS	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	
- Incentivar la producción de cultivos aromáticos comercializados en envoltorios verdes. - Incluir en los procesos de producción el núcleo familiar de cada comunidad de la vereda la Barrialosa. - Incentivar los ingresos económicos de la comunidad la Barrialosa.	- Aprovechamiento de subproductos de cultivos, como Goyo de piña y cascara de plátano para la fabricación de envoltorios verdes. - Participación de la comunidad en los procesos de comercialización. huerta aromatica por predio total de predios de la vereda la barrialosa x 100	

Tabla 14 (continuación)

ACTIVIDAD	ESTRATEGIA
1.Cultivo de semillas aromáticas.	El cultivo de plantas aromáticas se realiza de igual manera que los cultivos del banco de semilla propuestos anteriormente, requieren menos cuidados y son considerados dentro de los procesos de agricultura de conservación (FAO, 2007).
2.Secado en tejado.	El secado de tejado es un mecanismo usado por las mujeres de la comunidad de la vereda la Barrialosa para conservar alimentos como el frijol y el maíz, de esta forma se recomendaría de igual manera aplicarlo a los cultivos aromáticos con el fin de obtener el producto conservado para su posterior comercialización.
3.Aprovechamiento de subproductos.	Los proceso de aprovechamiento de subproductos consisten en simular la producción de papel orgánico a base de la celulosa obtenida a partir de la trituration de subproductos como Goyo de piña y cascara de plátano previamente cocinados, pasando por una presa artesanal para extraer el exceso de humedad y seguidamente secado como se propone en el ítem anterior, lo cual finalmente conlleva a la producción de envoltorios verdes aptos para comercialización.
4.Propuesta de comercialización.	El certificado de origen es una medida utilizada en el municipio de mesetas y castilla para la comercialización de café y limón respectivamente, considerados de producción limpia y alta rentabilidad, de igual manera se propone adquirir un certificado de origen cumpliendo con los requisitos de producción: asociación de más de 15 productores en el mismo lugar produciendo el mismo producto (DIAN, 2010), lo cual mejoraría los ingresos económicos de la comunidad de la vereda la Barrialosa.

COSTO DEL PROGRAMA

Los costos del programa son asumidos netamente por los habitantes de la vereda la Barrialosa, si se acatan las recomendaciones de los programas anteriores solo se asumiría el gasto de algunos elementos externo como el certificado de origen y los requerimientos legales, ya que es un proceso de aprovechamiento los gastos son mínimos.	Utensilio		Costos
	artesanal	Presa de secado	15.000
		Semillas	10.000
		Trituradora artesanal	20.000

Nota: Propuesta para retornar a prácticas de conservación. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018

Bibliografía

- Alcaldía de mesetas. (2012a). *EOT. Mesetas*.
- Alcaldía de mesetas. (2012b). *Municipio de mesetas. Mesetas*.
- Alfaro, M., & Salazar, F. (2005). Ganadería y Contaminación Difusa, Implicancias para el Sur de Chile. *Agricultura Técnica*, 65(3), 330–340. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072005000300012>
- Alonso, A. (2017). Ivermectina, un Veneno Para el Medio Ambiente | Planta Bosques. Recuperado el 6 de julio de 2018, a partir de <https://plantabosques.com/ivermectina-veneno-medio-ambiente/>
- Altieri, M. (2001). Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria, 192.
- Arango, A. (2012). *Selección de los agentes reductores más eficientes para el tratamiento de aguas residuales industriales en una PTAR de cromado utilizando la metodología ANP y AHP*. Recuperado a partir de [https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/3934/Álvaro Augusto Arango Garcés.pdf?sequence=1](https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/3934/Álvaro%20Augusto%20Arango%20Garcés.pdf?sequence=1)
- Arango, L. (2017). *Sector agropecuario durante el 2016 y perspectivas para el 2017. ExViceministro de Agricultura*. Bogotá. Recuperado a partir de <http://www.portafolio.co/opinion/luis-arango-nieto/sector-agropecuario-durante-el-2016-y-perspectivas-para-el-2017-coyuntura-24-de-marzo-de-2017-504396>
- Aznar, J. (2005). Nuevos métodos de valoración. En *Modelos multicriterio*.
- Balaguer, M. (2016). Detección de problemas en la localización de usos del suelo mediante SIG y AHP: el caso de Riba-Roja de Túria (Valencia). *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 0(18), 3–24. Recuperado a partir de <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/438/376>
- Balbuena, R., Botta, G., Draghi, L., Rosatto, H., & Dagostino, C. (2003). Compactación de suelos. Efectos del tránsito del tractor en sistemas de siembra directa. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 75–80.
- Baver, L., Gardner, W., & Gardner, W. . (1972). *Física de suelos*. México D.F: Uteha.
- Bilbao, M. (2002). *Análisis de contenido*. Universidad de Santiago de Chile.
- Botero, R. (2014). *Renovación de Pasturas degradadas en suelos ácidos de América Tropical*. Costa Rica. Recuperado a partir de [http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/PASTURAS DEGRADADAS EN SUELOS ÁCIDOS.pdf](http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/PASTURAS%20DEGRADADAS%20EN%20SUELOS%20ÁCIDOS.pdf)
- Burbano, N. (2007). *Análisis de los fenómenos de remoción en masa que afectan la vereda Bellavista, Municipio de Sibundoy - Putumayo*. Escuela Superior de Administración Pública. Recuperado a partir de [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos PDF/análisis de los fenomenos de remoción en masa.pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/análisis%20de%20los%20fenómenos%20de%20remoción%20en%20masa.pdf)

- Carles. (2012). Contaminación agrícola, consecuencias de las malas prácticas - Blog de Agricultura Profesional. Recuperado el 30 de julio de 2018, a partir de <https://www.agroptima.com/blog/contaminacion-agricola-consecuencias-de-las-malas-practicas/>
- CCI-MADR. (2009). *Encuesta Naiconal Agropecuaria*.
- Chávez, G., Tapia, L., Bravo, M., Sáen, T., Muñoz, H., Vidales, I., ... Mendoza, M. (2012). *Impacto del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate*. Michoacán: Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Recuperado a partir de https://www.researchgate.net/publication/265125083_Impacto_del_cambio_de_uso_del_suelo_forestal_a_huertos_de_aguacate_IMPACT_OF_FOREST_LAND_USE_CHANGE_TO_AVOCADO_ORCHARDS
- CIAT. (2000). Canavalia ensiformis. Recuperado el 29 de julio de 2018, a partir de http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Canavalia_ensiformis.htm
- Comisión Europea. (2006). *Estrategia temática para la protección del suelo*.
- Convención Marco sobre el Cambio Climático. (2010). *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 15° periodo de sesiones, celebrado en Copenhagen*. Recuperado a partir de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2009/cop15/spa/11a01s.pdf>
- CORPOICA. (1998). *Principales avances en investigación y desarrollo tecnológico por sistemas de producción pecuaria*. Bogotá.
- DANE. (2004). *Censo Nacional Agropecuario*. Bogotá. Recuperado a partir de www.dane.gov.co
- DANE. (2015). *INFORME DE COYUNTURA ECONÓMICA REGIONAL*. Recuperado a partir de https://www.dane.gov.co/files/icer/2015/ICER_Meta2015.pdf
- DANE. (2016). *ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA*. Bogotá. Recuperado a partir de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin_ena_2016.pdf
- Delgado, A., & Romero, I. (2015). Selección de un método para la evaluación del impacto social usando AHP Selection of a method for social impact assessment using AHP. *Revista ECIPerú Volumen, 12*. Recuperado a partir de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01188398v1/document>
- DIAN. (2010). *Certificados de origen*. Bogotá. Recuperado a partir de https://www.dian.gov.co/aduanas/aspectecmercancias/Documents/Pasos_Certificados_de_Origen.pdf
- Dishington, J. M. (2013). La Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia. Recuperado a partir de <http://web.fedepalma.org/bigdata/zonaprivada/laagroindustriadelapalmadeaceiteencolombia.pdf>
- Duley, F. (1987). Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. *Soil Science Society Ambiental, 12*, 179–184.

- Ebel, R., Pozas, J., Soria, F., & Cruz, J. (2017). Terra: órgano oficial de divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149–160. Recuperado a partir de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000200149
- EcuRed. (2004). Brachiaria. Recuperado el 29 de julio de 2018, a partir de <https://www.ecured.cu/Brachiaria>
- Ellison, W. (1947). Soil Erosion. *Soil Science Society Ambiental*, 12, 479–484.
- ElSevier. (2018). Scopus | La mayor base de datos de bibliografía revisada por pares | Elsevier. *El Sevier*. Recuperado a partir de <https://www.elsevier.com/es-mx/solutions/scopus>
- FAO. (s/f). ¿Qué es la agricultura de conservación? | Agricultura de conservación | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 29 de julio de 2018, a partir de <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/what-is-conservation-agriculture/es/>
- FAO. (2006). *La ganadería amenaza el medio ambiente*. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
- FAO. (2008). Sistemas Silvopastoriles. Recuperado el 29 de julio de 2018, a partir de <http://www.fao.org/docrep/009/ah647s/AH647S05.htm>
- FAO. (2010). *Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Materia orgánica y actividad biológica*.
- García. (2004). *Agricultura sustentable y materia orgánica del suelo. Siembra directa, rotaciones y fertilidad*. Santa Cruz de la Sierra.
- García, A. (2007). *El modelo de la ganadería extensiva y la destrucción de los bosques en la ... - Ariel José García Aguilar - Google Books*. Juan Carlos Martínez. Recuperado a partir de https://books.google.com.co/books?id=WGYU93kwFXoC&dq=erosion+del+suelo+ganaderia+extensiva+por+que&source=gbs_navlinks_s
- García, D. (2018). *RAPE*. Bogotá.
- Gardi, C., Angelini, M., Baceló, S., Comerma, J., Cruz, C., Encina, A., ... Schad, P. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxemburg.
- Garzón. (2016). CIFA - Centro de Investigación y Formación Agraria. Recuperado el 30 de julio de 2018, a partir de <http://www.agripa.org/administradorcifa/all-posts>
- Geoportal DANE. (2017). Recuperado el 8 de octubre de 2017, a partir de <https://geoportal.dane.gov.co/geocna/index.html#>
- Gobernación del Meta. (2016). *Ficha técnica Mesetas*. Villavicencio. Recuperado a partir de https://intranet.meta.gov.co/secciones_archivos/461-19212.pdf
- González, P., & Aguilar, H. (1991). *México ante la crisis*. Siglo Veintiuno Editores.
- Grajales-quintero, A., Serrano-moya, E. D., & Hahn Von-h, C. M. (s/f). LOS MÉTODOS Y PROCESOS MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN. Recuperado a partir de <http://www.ambientalex.info/revistas/n36201314.pdf>
- Guillaume, T., Holtkamp, A. M., Damris, M., Brümmer, B., & Kuzyakov, Y. (2016). Soil

- degradation in oil palm and rubber plantations under land resource scarcity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.002>
- IDEAM. (2015). *Erosión*. Bogotá.
- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá.
- IGAC. (2004). Estudio General de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Meta. Bogotá.
- IGAC. (2015). *Análisis sobre el uso del suelo*. Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2017). *CENSO-BOVINO-2017*. Bogotá.
- Inta. (2012). Maiz, un cultivo imprescindible en la rotacion - Noticias agrositio.com. Recuperado el 30 de julio de 2018, a partir de <http://www.agrositio.com/vertex/vertex.php?id=73521&se=>
- Kakinuma, K., Terui, A., Sasaki, T., Koyama, A., Jamsran, U., Okuro, T., & Takeuchi, K. (2017). Detection of vegetation trends in highly variable environments after grazing exclusion in Mongolia. *Journal of Vegetation Science*, 28(5), 965–974. <https://doi.org/10.1111/jvs.12551>
- Lal, R. (1996). *Use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hidrological properties*. Land Degradation & Development.
- Li, X., Hou, X., Liu, Z., Guo, F., Ding, Y., & Duan, J. (2017). Long-Term Overgrazing-Induced Changes in Topsoil Water-Retaining Capacity in a Typical Steppe. *Rangeland Ecology & Management*, 70(3), 324–330. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2016.10.002>
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (1975). *The Delphi method: techniques and applications*. Addison-Wesley Pub. Co., Advanced Book Program. Recuperado a partir de https://books.google.com.co/books/about/The_Delphi_method.html?id=52xHAAAAMAAJ&redir_esc=y
- MAPFRE. (2010). *Informe Sector Cárnico*.
- Martino, D. (2007). Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. *Revista del Sur*, 169, 12–14. Recuperado a partir de http://rinconcete.com/files/Deforestacion_amazonia.pdf
- Mayorga, R., Hurtado, G., & Benavides, H. (2011). *Evidencias de cambio climático en colombia con base en información estadística. Nota Técnica del IDEAM*. Recuperado a partir de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Evidencias+de+Cambio+Climático+en+Colombia+con+base+en+información+estadística.pdf/1170efb4-65f7-4a12-8903-b3614351423f>
- Medina, C. (2016). Effects of Soil Compaction By Trampling of Animals in Soil, 8(1), 88–93.
- MinTIC. (2006). *Cadena Productiva Maíz - Área, Producción Y Rendimiento*. Bogotá. Recuperado a partir de <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Cadena-Productiva-Ma-z-Area-Producci-n-Y-Rendimien/d968-yfb5/data>
- Monsanto. (2010). *Roundup*. Recuperado a partir de <https://www.monsantoglobal.com/global/py/productos/documents/roundup.pdf>

- Mora, A., Ríos, L., & Almarío, J. (2016). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia Livestock impact on the ground in Colombia. *Universidad de la Amazonía*.
- Mora, M., Ríos, L., Ríos, L., & Almario, J. L. (2017). Livestock impact on the ground in Colombia. *Journal usco*.
- Municipio de Mesetas. (2002). *Plan de Desarrollo Municipal*. Mesetas. Recuperado a partir de [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos PDF/plan de desarrollo - mesetas \(66 pag - 294 kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos PDF/plan de desarrollo - mesetas (66 pag - 294 kb).pdf)
- Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Cristóbal, M., Benito, A. DE, ... Toledo, S. (2000). *PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL COMPOST*. Recuperado a partir de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000 Compost CIEMAT.pdf>
- Oyarzun, M. (2010). *Respuesta productiva de un cultivo de maíz ("ZEA MAYS" L. VAR) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efectos sobre la lixiviación de nitratos*. España. Recuperado a partir de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4443/577650.pdf?sequence=1>
- Pablos, León, Cortegaza, Osorio, & Villegas. (2007). *Afectación de la materia orgánica del suelo bajo diferentes condiciones de manejo*. Varadero-Matanzas.
- Pacheco, J. F., & Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Santiago de Chile. Recuperado a partir de <https://www.dii.uchile.cl/wp-content/uploads/2011/06/manual58-Ilpes.pdf>
- PennState Extension. (2005). El Establecimiento en el Campo: Siembra y Trasplante De Hortalizas. Recuperado el 29 de julio de 2018, a partir de <https://extension.psu.edu/el-establecimiento-en-el-campo-siembra-y-trasplante-de-hortalizas>
- PNNC. (2013). *Proceso de actualización del Plan de Manejo de La Macarena*.
- PNUD. (2015a). *Objetivo 13: Acción climática | UNDP*. Recuperado a partir de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>
- PNUD. (2015b). *Objetivo 15: Vida en la tierra | UNDP*.
- Revista Corpoica. (1996). Evaluación multicriterio y aptitud agroclimática del cultivo de caña de azúcar en la región Huasteca de México. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/html/4499/449945029006/>
- Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: Isdefe.
- Rose, M. T., Cavagnaro, T. R., Scanlan, C. A., Rose, T. J., Vancov, T., Kimber, S., ... Van Zwieten, L. (2016). Impact of Herbicides on Soil Biology and Function. *Advances in Agronomy*, 136, 133–220. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2015.11.005>
- Saaty. (1980). *The analytic hierarchy process*. (M. Hill, Ed.). Nueva York.
- Saaty. (1995). *Decision for Leaders. The analytic hierarchy process for decision in a complex world*. (Universidad de Pittsburgh, Ed.). Pittsburgh.
- Sadeghian, S., Rivera, J., & Gómez, M. (2017). Siavosh - Impacto de sistemas de ganadería... de suelos. Recuperado el 18 de octubre de 2017, a partir de

- <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Siavosh6.htm>
- Sakadevan, K., & Nguyen, M.-L. (2017). Livestock Production and Its Impact on Nutrient Pollution and Greenhouse Gas Emissions (pp. 147–184). <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.002>
- Schumacher, F. (1973). *Lo pequeño es hermoso*. (Hoshiko, Ed.). Recuperado a partir de [http://assets.espapdf.com/b/Ernst Friedrich Schumacher/Lo pequeño es hermoso \(11400\)/Lo pequeño es hermoso - Ernst Friedrich Schumacher.pdf](http://assets.espapdf.com/b/Ernst%20Friedrich%20Schumacher/Lo%20pequeno%20es%20hermoso%20(11400)/Lo%20pequeno%20es%20hermoso%20-%20Ernst%20Friedrich%20Schumacher.pdf)
- Secretaría de planeación. (2012). *Rendición pública de cuentas municipio de mesetas. Participación ciudadana con equidad social*. Mesetas.
- SINCHI. (2006). *Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la amazonía colombiana*. Bogotá.
- Sun, B., Griffin, B. M., Ayala-del-Rio, H. L., Hashsham, S. A., & Tiedje, J. M. (2002). Microbial Dehalorespiration with 1,1,1-Trichloroethane. *Science*, 298(5595), 1023–1025. <https://doi.org/10.1126/science.1074675>
- SWISSAID. (2004). Recuperando vida. En *Guías para la recuperación de las semillas y la soberanía alimentaria en situaciones de conflicto en Colombia* (p. 23). Recuperado a partir de https://issuu.com/swissaid-ko/docs/swissaid_colombia_libro_recuperando
- Tormo, M. (2016). *Botánica*. España.
- Triana, J., & Mongabay, L. (2001). La ganadería extensiva está acabando con los bosques en Colombia. Recuperado el 29 de julio de 2018, a partir de <https://es.mongabay.com/2017/01/la-ganaderia-extensiva-esta-acabando-los-bosques-colombia/>
- UNESCO. (2017). *Desarrollo sostenible*. Recuperado a partir de <http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/sustainable-development/>
- Unión Europea. (2011). CAMPESINOS, TIERRA Y DESARROLLO RURAL Reflexiones desde la experiencia del Tercer Laboratorio de Paz. *Asistencia Técnica Internacional del Tercer Laboratorio de Paz*. Recuperado a partir de http://eeas.europa.eu/archives/delegations/colombia/documents/projects/cartilla_tierra_y_desarrollo_lab_paz_iii_es.pdf
- Vargas. (2000). *Criterios para la clasificación y descripción de movimientos en masa*. Bogotá.
- Vargas, M., & Terán. (2010). *Buenas Prácticas Ganaderas*. Santiago de Chile. Recuperado a partir de http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/animal/pdf/BPG.pdf
- Vergara, E. (2010). *Pautas para la selección de las técnicas AHP, PROMETHEE y Ábaco de Régnier modificado*. Recuperado a partir de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3937/vergara_maldonado.pdf?sequence=1
- Zamora, A. (2008). *Rentabilidad y ventaja comparativa: Un análisis de los sistemas de*

producción de Guayaba en el Estado de Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Recuperado a partir de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2011c/981/indice.htm>

Apéndices



Apéndice 1. Mapa con cartografía social. Adaptado de Landazábal & Romero, 2018.

Tamaño de las parcelas de la Vereda La Barrialosa (has)			
Parcela	Tamaño (Has.)	Parcela	Tamaño (Has.)
3	1	8	180
13	1	17	130
28	5	23	120
1	8	29	110
2	8	36	100
34	10	22	90
27	18	10	80
15	20	16	80
32	20	18	50
25	25	30	50
26	25		990
14	25		
20	35	Total Has	1714
4	35		
35	35		
24	36		
21	38		
12	38		
6	38		
9	38		
31	40		
33	42		
5	42		
19	46		
11	47		
7	48		
	724		

Apéndice 2. Distribución de las parcelas según numeración. Adaptado por Landazábal & Romero, 2018.