



DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE MANEJO PARA CONTROLAR PROCESOS EROSIVOS (ACP)

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC NO. 102 DE 2021
CELEBRADO ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA
REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA -CVC- Y LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA

VIGENCIA 2021

**PROYECTO 1001 “CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y
FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA
RESTAURACIÓN DE COBERTURAS Y USO SOSTENIBLE”**

**RESULTADO 4 “PROPUESTAS PARA LA CONSERVACIÓN Y
MANEJO DE SUELOS Y COBERTURAS FORMULADAS”**

**ACTIVIDAD 023 “DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE MANEJO PARA
CONTROLAR PROCESOS EROSIVOS (ACP)”**

INFORME FINAL

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC No. 102 DE 2021
CELEBRADO ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA
REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA -CVC- Y LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA-
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
MARZO DE 2022**

EQUIPO DE TRABAJO UNAL

Profesor Germán Rueda Saa
Director del Proyecto

Profesor Enrique A. Torres
Coordinador R1-ACT031

Ing. M.Sc Liseth González Delgado
Coordinadora General

Daniela Calero Mosquera
Ing. Agrícola MSc. (c)

Richard Lasprilla Velasco
Ing. Agrícola

Camilo Lemos Martínez
Ing. Agrónomo M.A.

Raúl A. Molina Benavides
Zootecnista PhD.

EQUIPO DE TRABAJO CVC

Ing. Herbert Olaya Cuesta
Supervisor

Ing. Gustavo Adolfo Romero
Profesional DTA

Ing. Miguel Ángel Díaz
Profesional DTA

Ing. Christian De Jesús Sánchez Elizalde
Profesional DTA

Ing. Mary Loly Bastidas
Profesional DTA

Ing. Clever Gustavo Becerra
Profesional DTA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
1 JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES.....	12
2. AREA DE ESTUDIO	16
3. ZONAS PRIORIZADAS	50
4. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO EN ÁREAS PRIORIZADAS	78
6. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	122
7. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS	135
CONCLUSIONES	140
BIBLIOGRAFÍA.....	142

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las UCS más representativas del municipio de Obando y La Victoria, cuenca La Vieja Fuente: CVC - IGAC, 2014.....	24
Tabla 2. Descripción de los usos recomendados según las principales limitantes de los suelos del municipio de Obando y la victoria, cuenca La Vieja	28
Tabla 3. Disponibilidad de registros de estaciones meteorológicas consultadas	30
Tabla 4. Estaciones meteorológicas consultadas	31
Tabla 5. Intervalos de registros de las estaciones identificadas.....	32
Tabla 6. Visitas de reconocimiento al área de estudio	33
Tabla 7. Matriz DOFA actividades ganaderas Fuente: Elaboración propia	38
Tabla 8. Resumen EVAS Municipio La Victoria.	41
Tabla 9. Resumen EVAS Municipio de Obando.	41
Tabla 10. Rangos de pendientes y clasificación IGAC.....	53
Tabla 11. Resumen de los análisis de suelos requeridos para el resultado R4A023	55
Tabla 12. Campaña de muestreo en el área de estudio Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 13. Visitas de reconocimiento para levantamiento de información primaria en los municipios de Obando y La Victoria.....	58
Tabla 14. Quebradas y nacimientos identificados en las verederas Villarodas, Buenos Aires, Taguales y Riveralta.	63

Tabla 15. Información de suelos, recopilada para los predios identificados.....	67
Tabla 16. Predios muestreados en el municipio de Obando, Valle del Cauca, Cuenca Río La Vieja.....	69
Tabla 17. Contenido de minerales óptimos para cultivos de café, cítricos y pastos.....	75
Tabla 18. Análisis de agua de los nacimientos de las comunidades indígenas.....	77
Tabla 19. Clasificación de la erosividad propuesta por Rivera y Gómez (1991).....	80
Tabla 20. Categoría permeabilidad.....	82
Tabla 21. Tipo de estructura del suelo.....	82
Tabla 22. Clasificación de la erodabilidad propuesta por USDA (1962).....	82
Tabla 23. Valores del factor C propuestos por ROOSE, 1977.....	83
Tabla 24. Valores del Factor C para pendientes mayores al 25%, publicados por la USDA.....	84
Tabla 25. Valores del factor C propuestos por ROOSE, 1977.....	84
Tabla 26. Factor C obtenido para las coberturas priorizadas.....	84
Tabla 27. Valores del factor P y límites de pendiente - longitud para contorno propuestos por Wischmeier y Smith, 1978. Fuente: Manual de SWATUSERMAN.....	85
Tabla 28. Valores de R obtenidos por el método USLE-EI30 Fuente: Elaboración Propia.....	87
Tabla 29. Valores del factor IMF Y EI30-cor anual para cada estación meteorológica. Fuente: Elaboración Propia.....	87
Tabla 30. Promedios de valores encontrados para determinar el Factor K en fincas ganaderas.....	89
Tabla 31. Promedios de valores encontrados para determinar el Factor K en fincas con cultivos.....	91
Tabla 32. Pendientes determinadas para las fincas ganaderas muestreadas.....	92
Tabla 33. Pendientes determinadas para las fincas de cultivo muestreadas.....	93
Tabla 34. Factor C obtenido para las coberturas priorizadas.....	93
Tabla 35. <i>Número de puntos muestreados y su relación con el grado de erosión y pendiente. Fuente: Elaboración propia.....</i>	96
Tabla 36. Uso potencial definido por grado de erosión y valores propuestos para el factor C.....	98
Tabla 37. Estimación de consumo diario (forraje verde) y áreas necesarias para pastorear.....	109
Tabla 38. Resultados por factor del análisis de suelos destinados a ganadería que presentan o no diferencia significativa.....	124
Tabla 39. Resultados por factor del análisis de suelos destinados a cultivos que presentan o no diferencia significativa.....	130
Tabla 40. Propiedades físicas que presentan o no diferencias significativas entre el uso actual (ganadería y cultivos).....	132
Tabla 41. Propiedades físicas que presentan o no diferencia significativas entre cultivos de café y cítricos.....	133
Tabla 42. Resultados por factor de los análisis foliares en pastos que presentan o no diferencia significativas.....	134
Tabla 43. Resultados por factor de los análisis foliares en cultivos que presentan o no diferencia significativas.....	134

Tabla 44. Contenido de minerales óptimos para cultivos de café y cítricos.	135
Tabla 45. Cronograma de las actividades de socialización y capacitación.	136

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización general, municipio de Obando y La Victoria – Cuenca río La Vieja.	19
Figura 2. Localización de las comunidades indígenas que se encuentran en los municipios de estudio, Obando y La Victoria. Fuente: Cartografía básica IGAC-CVC, 2016	20
Figura 3. Mapas de coberturas en los municipios de Obando y La Victoria, cuenca río La Vieja	21
Figura 4. Mapa de cobertura de pastos en conflicto alto	22
Figura 5. Mapa de consociaciones de suelo encontradas en los municipios de Obando y La Victoria	23
Figura 6. Mapa de usos recomendados para suelos del área de estudio. Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015.....	28
Figura 7. Localización general de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.....	30
Figura 8. Precipitación mensual multianual de las estaciones cercanas al área de estudio Fuente: CVC – IDEAM - CENICAFÉ, 2021	31
Figura 9. Ganadería, Villarodas, 29-sep-2021	34
Figura 10. Pata de vaca, Finca Potosí – Villarodas, 29-sep-2021	35
Figura 11. Pata de vaca, Finca La Esmeralda – Táguales, 30- noviembre-2021	35
Figura 12. Bovinos presentes en la zona de estudio. Diferentes cruces reciales. 11-nov-2021	36
Figura 14. Áreas de conservación (bosques y fuentes hídricas), algunas con aislamientos. Finca Potosí, 29-sep-2021	37
Figura 15. Cultivo de cítrico, Finca agropecuaria la Cumbre, Municipio la Victoria, 4-oct-2021	39
Figura 16. Finca la Ilusión- Cultivo de plátano (cultivo limpio), 12-oct-2021	40
Figura 17. Finca La Palma – Cultivo de Café y Plátano, 24-nov-2021	40
Figura 18. Cultivo de café asociado con plátano. 25/octubre/2021.....	43
Figura 19. Cultivo de plátano. 25/octubre/2021	43
Figura 20. Nacimiento comunidad Kima Drua. 25-oct-2021	44
Figura 21. Socialización comunidad indígena Chacha Drua, 25-oct-2021.....	44
Figura 22. Finca ganadera Nacayna, 25-oct-2021	45
Figura 23. Suelos identificados en los predios de las comunidades indígenas de Obando. Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2014.....	45

Figura 24. Escuela de la comunidad Cueva Loca, Sede Cacique Gonzales. 7-oct-2021.	47
Figura 25. Quebrada la Arenosa.7-oct-2021	47
Figura 26. Cobertura en rastrojo y vegetación natural, finca La Esperanza. 30-oct-2021	48
Figura 27. Cobertura vegetal alrededor del nacimiento y estanque formados en el correr de las aguas del nacimiento. 30-oct-2021.....	49
Figura 28. Tanque de captación no operativo, comunidad Cueva Loca. 30-oct-2021.....	49
Figura 29. Suelo desnudo, 7-oct-2021	51
Figura 30. Terracetas o pata de vaca, 29-sep-2021	51
Figura 31. Cobertura de pastos, 4-oct-2021	51
Figura 32. Medición manual de pendiente.....	52
Figura 33. Muestreo de suelo. Fotos tomadas 9-noviembre-2021.....	55
Figura 34. Mapa de localización general de predios del área de estudio. Fuente: Cartografía básica IGAC-CVC, 2016.....	67
Figura 35. Perdida de suelo en fincas ganaderas por diferente grado de erosión en el escenario actual.....	94
Figura 36. Perdida de suelo en fincas ganaderas por rango de pendientes en escenario actual.....	95
Figura 37. Gráfico de clasificación de uso potencial del suelo según la pendiente. Fuente: Manejo y uso del suelo en zona de ladera, (CVC,2015)	97
Figura 38. Comparación de perdida de suelo por grado de erosión con diferentes usos.	99
Figura 39. Perdida de suelo en cultivos en escenario actual teniendo en cuenta el rango de pendiente.....	100
Figura 40. Cultivos con suelos protegido con cobertura orgánica y conservación de arvenses.....	101
Figura 41. Comparación de uso actual y uso potencial en la perdida de suelo respecto al rango de pendiente.....	102
Figura 42. Medidas de manejo para reconversión ganadera.....	104
Figura 43. Delimitación de predios para definición del piloto. Finca Magallanes, Riveralta – La Victoria Fuente de la imagen: Google satélite	117
Figura 44. Finca Magallanes-Predio El Castillo 1, diciembre 2 del 2021	118
Figura 45. Proceso erosivo: Golpe de cuchara. Finca Magallanes-Predio Mistrato, diciembre 2 del 2021.....	118
Figura 46. Finca Magallanes- Predio Mistrato, diciembre 2 del 2021	119
Figura 47. Diseño del PILOTO con las prácticas de manejo a implementar, La Victoria Valle del Cauca, Fuente de imagen, Google satélite.....	120
Figura 48. Evidencia fotográfica del cumplimiento de la obra por parte de la empresa BIODISS.....	122
Figura 49. Diferencias significativas presentadas en : A. Materia orgánica (MO) en diferente grado de erosión y B. erodabilidad (K) en diferente grado de erosión.....	125
Figura 50. Diferencias significativas presentadas en : A. Materia orgánica (MO) en diferente rango de pendiente y B. erodabilidad (K) en diferente rango de pendiente.	125
Figura 51. Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a cada consociación. A. Microporos, B. materia orgánica (MO), C. erodabilidad (K), D. densidad aparente (Da) y E. porosidad total.	126

Figura 52. Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a orden de suelo. A. materia orgánica (MO) y B. microporos.	127
Figura 53. Presentación de las correlaciones obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad (k) para los suelos evaluados, destinados a ganadería. Fuente: Elaboración propia	128
Figura 54. Dendograma de las correlaciones más altas obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad (k) para los suelos evaluados, destinados a ganadería.	130
Figura 55. Diferencias significativas de las propiedades físicas a suelos destinados a cultivos respecto a consociación de suelos. A. mesoporos y B. microporos.	131
Figura 56. Diferencias significativas de las propiedades físicas a suelos destinados a cultivos respecto a orden de suelos. A. microporos y B. mesoporos.....	131
Figura 57. Diferencia de porcentaje en el uso actual del suelo, A. macroporos y B. la erodabilidad (K).	132
Figura 58. Comparación de porcentaje de microporos presentes en suelos con cultivos de café y en suelos con cítricos.	133
Figura 59. Capacitación, Finca La Alpina, municipio La Victoria. Foto tomada, 16/02/2022	137
Figura 60. Capacitación, Casa de la cultura, municipio de Obando. Foto tomada, 19/02/2022.....	138
Figura 61. Socialización con comunidades indígenas Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca, Casa de la cultura, municipio de Obando. Foto tomada, 5/03/2022.....	139

INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el informe final de la actividad **R4A023 “Definición de medidas de manejo para controlar procesos erosivos (ACP)”**, contemplada en el Convenio Interadministrativo 102 de 2021 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC y la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. El cual tiene como objetivo realizar el diagnóstico de los procesos erosivos y pérdida de suelo en áreas prioritizadas de los municipios de Obando y la Victoria en la cuenca la Vieja, formulando medidas de manejo sostenible de los suelos agrícolas seleccionados.

Para el desarrollo del resultado R4A023, se obtuvo información primaria del área de estudio por medio de la Corporación Regional del Valle de Cauca (CVC), las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuarias (UMATAS) de los municipios de Obando y la Victoria, y la Dirección Ambiental Regional Norte (DAR Norte).

Por medio de las UMATAS de los municipios de estudio, se contactaron y se visitaron predios destinados a ganadería y con los cultivos más representativos de la zona, y se consultaron las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS).

Por su parte, la DAR Norte brindó apoyo en la consecución de información acerca de las comunidades indígenas KIMA DRUA, CHACHA DRUA del municipio de Obando y CUEVA LOCA del municipio de la Victoria, reconocidas por el Ministerio de Interior en los Acuerdos de Consulta Previa del POMCA río La Vieja. Sin embargo, es importante resaltar que las comunidades KIMA DRUA y CHACHA DRUA se encuentran ubicadas por fuera del área de estudio.

La información cartográfica fue suministrada por la CVC (data base GeoCVC); de este archivo se realizaron los cortes respectivos al área de estudio y se elaboraron mapas de suelos, coberturas, uso potencial, conflicto por uso de suelo, distribución de estaciones meteorológicas disponibles en el área de estudio y la zonificación ambiental, según el POMCA río La Vieja.

De esta manera, según la información cartográfica revisada y las salidas de campo realizadas a la zona, se identificó que el principal uso del suelo en el municipio de Obando y La Victoria es la ganadería bovina orientada al levante y ceba de machos, con una cobertura de pastos del 42.5% del área total para Obando y del 50% en La Victoria, de los cuales aproximadamente el 80% se encuentra en un grado de conflicto alto (CVC - IGAC, 2015). Respecto al uso del suelo agrícola, se encontró que el café, plátano y los cítricos son los cultivos más representativos de la zona.

Para la priorización de sitios, se seleccionaron 8 fincas ganaderas que tuvieran las Unidades Cartográficas de Suelos (UCS) más representativas de la zona, que presentaran algún nivel de conflicto por uso de suelo y donde se evidenciaran procesos erosivos en campo.

Por otra parte, se seleccionaron 4 fincas con los cultivos agrícolas más representativos de la zona, según información obtenida de las EVAS - UMATA, Coberturas IGAC-CVC (2015), y del levantamiento de línea base en visitas de campo.

La georreferenciación de sitios se realizó con un equipo GPS TRIMBLE MODELO JUNO 3D y la información obtenida fue procesada en el software Q-GIS (versión 3.6.0).

Para el muestreo de suelos, dentro de cada finca ganadera, se identificaron 3 grados de erosión: alta (zonas con suelo desnudo), media (pastos con procesos de pata de vaca) y baja (pastos con buena cobertura). En cada uno de los grados de erosión se tomaron 3 repeticiones de muestras disturbadas (con anillos) y sin disturbar (1kg de suelo) para analizar propiedades fisicoquímicas de suelo que permitieran evaluar la susceptibilidad del suelo a la erosión, por medio de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE, por sus siglas en inglés).

Cabe resaltar que, aunque la pendiente no fue un factor determinante en la selección de sitios para muestreo en las fincas ganaderas, la erosión alta y media coincidieron con las pendientes más altas y la erosión baja con las pendientes menos inclinadas.

Por su parte, el muestreo de suelos en fincas con cultivos (café y cítricos) se realizó en 3 rangos de pendiente: baja (<25%), media (25-50%) y alta (>50%) y se tomaron las mismas muestras y el mismo número de repeticiones realizado en las fincas ganaderas. En este caso, la pendiente si fue un factor determinante para la selección de sitios para muestreo.

De esta manera se determinó el factor erodabilidad del suelo y se plantearon dos escenarios para calcular la pérdida de suelo por erosión en las fincas 12 fincas priorizadas (8 ganaderas y 4 con cultivos): escenario actual y escenario de uso potencial, este último escenario se planteó a partir de los usos recomendados y las limitaciones de los suelos del área de estudio, según el estudio semidetallado de suelos realizados por IGAC-CVC (2014).

Por otra parte, en las 12 fincas priorizadas se tomaron muestras foliares para evaluar el impacto de la pendiente en el contenido de minerales en las hojas. Para este muestreo se tomaron 250g de hojas por cada rango de pendiente evaluado, es decir que se tomaron 3 muestras por finca.

Para analizar los resultados de suelos obtenidos de laboratorio (análisis de suelos y foliares), se realizaron ANOVAS, pruebas de medias donde se encontrarán diferencias significativas y correlaciones que permitieran entender las tendencias de los datos.

Respecto al componente hídrico, se seleccionaron 9 quebradas que pasan cerca o atraviesan las fincas ya priorizadas y se tomaron muestras (1L) para análisis químico y microbiológico; estos mismos análisis se tomaron en 3 nacimientos de los cuales se abastecen las tres comunidades indígenas reconocidas por el Ministerio de Interior en los ACP del POMCA río La Vieja, con el objetivo de evaluar la calidad del agua que están utilizando para su consumo.

En la actividad R4A023 se evaluó el impacto de la ganadería en términos de la susceptibilidad de los suelos a la erosión, de la pérdida de suelo estimada para los

escenarios actual y potencial, y de los cambios en las propiedades fisicoquímicas de los suelos en diferentes grados de erosión y pendiente.

En este sentido, se encontró que la actividad ganadera tiene efectos negativos en las pendientes altas (>50%), donde se evidenciaron procesos de pata de vaca y suelo desnudo, y donde el uso recomendado de suelos está orientado a la conservación y protección de los recursos naturales; por su parte, en las pendientes medias (25-50%), aunque el impacto también es alto, los efectos de la ganadería se pueden reducir mediante prácticas de manejo, finalmente, en las pendientes bajas (<25%) no se presenta conflicto por esta actividad.

Por otra parte, con el apoyo del zootecnista PhD. Raúl Molina, se realizó un diagnóstico de la ganadería bovina en la zona de estudio y se plantearon medidas de manejo direccionadas en la reconversión ganadera, con prácticas sostenibles de manejo del suelo; con estas medidas se realizó el diseño de un piloto en la finca Magallanes, en el municipio de La Victoria, donde se implementaron medidas como: sistema silvopastoril (siembra de matarratón y botón de oro), aislamiento de bosques, división de potreros e instalación de bebederos inteligentes, con el objetivo de contribuir en los conocimientos y generar un impacto en la comunidad en general.

Finalmente, los resultados obtenidos en esta actividad fueron socializados con las comunidades indígenas y con los ganaderos del área de estudio.

1 JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas del río La Vieja y comunidades indígenas

La actividad R4A023- “Definición de medidas de manejo para controlar procesos erosivos (ACP).”, está relacionada con el componente suelo de la matriz de consulta previa del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas del río La Vieja (Anexo 5 de la fase de formulación), donde se consolidaron los preacuerdos identificados por comunidades indígenas, reconocidas por el Ministerio del Interior en la cuenca del río La Vieja (**Anexo 1**), entre ellas las comunidades Kima Drua y Chacha Drua, del municipio de Obando y Cueva Loca de la Victoria.

De esta manera, el área de estudio de la actividad R4A023 fue definida para llevarse a cabo en los municipios Obando y La Victoria, en lo que corresponde a la cuenca río La Vieja. En esta actividad se tuvieron en cuenta las actividades ganaderas y agrícolas del área de estudio.

Las comunidades Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca pertenecen al pueblo Embera Chami del Valle del Cauca y se encuentran afiliadas a la Organización Regional Indígena del Valle del Cauca – ORIVAC.

La comunidad Cueva Loca cuenta con un predio (La Aguja) ubicado en la vereda Taguales del municipio de La Victoria, sin embargo, actualmente la comunidad se encuentra asentada en el predio El Barranco, ubicado en el municipio de Montenegro, en el departamento del Quindío, dado que en el predio de La Victoria no cuentan con condiciones aptas para habitarlo (manifiestan los integrantes de la comunidad de Cueva Loca).

Por su parte, las comunidades Kima Drua y Chacha Drua se encuentran asentadas en los corregimientos El Chuzo y El Machetazo, respectivamente, en el municipio de Obando; cabe aclarar que estos corregimientos pertenecen a la cuenca del río Obando y no están dentro del área de la cuenca del río La Vieja.

A pesar de que las comunidades indígenas del municipio de Obando se encuentran asentadas por fuera de la cuenca río La Vieja, mediante Resolución 2058 del 24 de diciembre de 2014, se certificó la presencia de estas comunidades en la etapa de formulación de acuerdos, preacuerdos y protocolización del POMCA río La Vieja (**Anexo 2**).

Por lo anterior, las comunidades Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca se tuvieron en cuenta en la fase de socialización, transferencia y apropiación social de conocimientos de la actividad R4A023, según lo acordado en reuniones UNAL – CVC.

Erosión del suelo

La degradación del suelo se define como la pérdida de la capacidad actual y potencial de un suelo para producir bienes y/o prestar servicios (FAO-UNEP, 1978). La ausencia de una adecuada planificación del uso del suelo, aunado al empleo de malas prácticas de manejo,

provocan su degradación acelerada, siendo la erosión uno de los fenómenos más contribuyentes (Telles et al, 2011; Pimetel & Burgess, 2013).

La erosión del suelo consiste en la desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo causado por agentes erosivos como la lluvia y el viento (Ellison, 1947); es un proceso natural que se acelera por influencia de las actividades antrópicas y que cobra gran importancia si se tiene en cuenta que el suelo es un recurso natural no renovable (Rivera, 2007).

Al perder suelo se afectan propiedades importantes como la capacidad de retención de agua, la estabilidad estructural, la infiltración, la densidad, el contenido de materia orgánica (FAO, 2003), y se produce la pérdida de nutrientes y de productividad (Ramírez, Hincapie, Sadeghian & Pérez, 2009).

Existen diferentes factores que aceleran los procesos erosivos tales como la presencia de pendientes pronunciadas, poca cobertura vegetal, una alta pluviosidad, cultivos limpios, siembras a favor de la pendiente, la ganadería extensiva y la ausencia de prácticas de conservación.

En Colombia, el 48% de los suelos son propensos a la erosión (PND, 2010-2014), donde el departamento del Valle del Cauca es uno de los más afectados por la severidad respecto a su área, presentando un 57,2% de magnitud de erosión y un 5,4% de severidad en erosión (IDEAM, 2015).

En este sentido, cabe resaltar la importancia de predecir la pérdida de suelo por erosión en el Valle del Cauca; para esto se han desarrollado modelos y ecuaciones, dentro de las cuales, la Ecuación Universal de Pérdida de suelo (USLE, por sus siglas en inglés) es ampliamente utilizada a nivel mundial (Alarcón Muriel & Reyes Trujillo, 2013; Cocuyame & Salazar Quintero, 2015; Mancilla Escobar, 2008; Ramirez-Ortiz & Hicapié-Gomez, Edgar Sadeghian-Khalajabadi, 2009)

La USLE permite calcular la pérdida de suelo por año y por hectárea, basado en estudios en condiciones de campo (en Estados Unidos principalmente) y en fundamentos empíricos desarrollados en numerosas parcelas de escorrentía con dimensiones de 22.1 metros de longitud y 3.6 metros de ancho (Mancilla Escobar, 2008).

Dentro de los factores que intervienen en la ecuación de la USLE, está la erodabilidad del suelo (K), que se define como la susceptibilidad del suelo a ser erosionado y la erosividad de la lluvia (R), definida como la capacidad potencial de la lluvia para el desprendimiento y dispersión de partículas de suelo (Ramirez-Ortiz & Hicapié-Gomez, Edgar Sadeghian-Khalajabadi, 2009).

Estos dos factores (K y R) son determinantes para la zonificación y planificación del uso y manejo de suelos (Ramirez-Ortiz & Hicapié-Gomez, Edgar Sadeghian-Khalajabadi, 2009), que, a su vez, es un criterio que permite conocer si existen las condiciones para el desarrollo adecuado de los cultivos y así, evitar pérdida de suelos por erosión.

Ganadería extensiva

Como ya se mencionó, el manejo inadecuado de la ganadería bovina es uno de los factores que aceleran los procesos erosivos, y a su vez, representa una de las actividades económicas más dominantes en la ocupación de la tierra a nivel mundial (FAO, 2018), usando aproximadamente un 30% de la superficie terrestre (no helada), para la producción de pasturas y cultivos destinados a su alimentación (Ramankutty et al., 2008).

En los trópicos, la actividad ganadera ha generado gran interés en la comunidad científica debido a su dominancia a nivel global en el número de animales, producción total y el número de beneficiarios, por ende, las decisiones que se tomen en relación a esta actividad son relevantes ambiental, económica y socialmente (Herrero et al., 2013; Oosting et al., 2014).

En Colombia, la ganadería bovina es la principal actividad económica en las zonas rurales, presente en todas las regiones naturales y pisos térmicos del país, siendo determinante en la transformación de las coberturas vegetales a lo largo del territorio nacional (Bustamante & Rojas, 2018), trayendo consecuencias, muchas veces negativas, sobre los recursos naturales, ya que en muchas ocasiones transforma los ecosistemas naturales en extensas pasturas (Davidson et al., 2017; Dettenmaier et al., 2017; Trilleras et al., 2015).

De acuerdo al inventario ganadero bovino presentado por el instituto agropecuario colombiano (ICA) para el año 2020, el país presenta una población de 27,973,390 animales, los cuales se encuentran ubicados en 34 millones de hectáreas (Bravo Parra, 2020), mostrando una carga animal promedio de 0.8 animales/ha, que confirma lo extensivo de la actividad realizada en el país.

Según el ICA, a nivel del Valle del Cauca, al año 2020 el ganado bovino alberga el 1.82% del inventario nacional. Por su orientación productiva, el hato bovino del departamento se reparte de la siguiente manera: doble propósito (39%), cría (28%), ceba (28%) y lechería especializada (5%).

Aunque esta participación es baja, la relevancia de esta actividad en la región radica principalmente en los sitios donde se realiza, puesto que en su mayoría se practica en zonas de ladera sobre ecosistemas frágiles (Molina & Sánchez, 2017; Morales Vallecilla & Ortiz Grisales, 2018).

Tradicionalmente, la ganadería bovina realizada en estos sitios es de tipo extensiva y poco tecnificada, en donde la alimentación de los animales se basa principalmente en la oferta forrajera de las pasturas nativas en función de las condiciones edafoclimáticas de la zona (Avellaneda-Torres et al., 2018; Molina & Sánchez, 2017; Morales Vallecilla & Ortiz Grisales, 2018).

En cuanto al componente agua, este sector repercute sobre cantidad y calidad del recurso hídrico de la zona donde se encuentre, siendo vinculado al deterioro de los cauces de ríos y quebradas (Murgueitio & Ibrahim, 2008).

Un limitante para plantear estrategias de reconversión hacia una ganadería económicamente viable, socialmente justa y ambientalmente responsable, es el desconocimiento sobre las técnicas usadas por los ganaderos y los beneficios financieros que estos obtienen de su actividad (Molina & Sánchez, 2017). Por lo tanto, surge entonces la necesidad de caracterizar y tipificar los sistemas de producción como un punto de partida para la toma de decisiones en pro de potenciar sus fortalezas y mitigar sus debilidades (Molina Benavides et al., 2020).

Por lo anteriormente expuesto, este convenio entre la CVC y la Universidad Nacional de Colombia busca construir una línea base de la actividad ganadera bovina realizada en la cuenca La Vieja, municipios de La Victoria y Obando, que sirva como punto de partida para plantear acciones que permitan la transición de un modelo ganadero tradicional a una actividad sostenible.

2. AREA DE ESTUDIO

En este apartado se presentan la subactividad a de la actividad R1A031 encaminada a definir el área de estudio y a presentar la línea base del territorio. Se presenta la metodología empleada y posteriormente los resultados obtenidos.

Actividad

a. Definir la zona de estudio y levantamiento de información disponible de las actividades a desarrollar.

Metodología

2.1.1 Definición del área de estudio

Para definir el área de estudio se utilizó el software Q-GIS (versión 3.6.0) y se empleó información cartográfica básica CVC-IGAC actualizada al año 2016, de la cual se tomó el límite municipal de Obando y el parteaguas de la cuenca del río La Vieja. La intersección entre estos tres polígonos fue definida como el área de estudio de la actividad R4A023.

2.1.2 Línea base del área de estudio

Empleando el límite del área de estudio definido en el apartado 2.1.1, se procedió a revisar el archivo data base: GeoCVC (entregada_23-8-21).gdb, compartido por la corporación. De este archivo se extrajo información como suelos, coberturas, uso potencial y conflicto por uso de suelo, actualizada al año 2015, e información de localización de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.

A partir de esta información, por medio del software Q-GIS (versión 3.6.0), se elaboraron mapas de localización, coberturas y conflicto por uso de suelo, y se cuantificaron áreas respecto a suelos y coberturas más representativas del área de estudio, como línea base del territorio.

Además, para la definición del área de estudio y el levantamiento de la línea base del área de estudio, se realizaron visitas de campo a los municipios de Obando y La Victoria, cuenca río La Vieja, con el objetivo de reconocer el área de estudio, identificar los principales usos del suelo en la zona y generar acercamiento con los dueños y/o encargados de las fincas visitadas. Las visitas de reconocimiento se describen en el apartado 2.1.3 Línea base: actividades ganaderas y agrícolas

Información meteorológica

Respecto a los registros de precipitación, se localizaron estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio, consultando los portales: módulo de consulta CVC, página de consulta y descarga de datos del IDEAM y plataforma de CENICAFÉ (la cual sólo permite visualizar registros de manera gráfica).

Una vez identificadas las estaciones cercanas al área de estudio, se revisó la fecha de inicio de cada estación, el tipo de estación (automática o convencional), y la disponibilidad de sus

registros y datos faltantes de los últimos años, a partir de información diaria obtenida de los diferentes módulos de consulta. El periodo de análisis se seleccionó teniendo en cuenta la coincidencia entre los registros de las diferentes estaciones.

2.1.3 Línea base: actividades ganaderas y agrícolas

Para definir la línea base del territorio respecto a las actividades ganaderas y agrícolas, se realizaron 7 visitas de reconocimiento al área de estudio; en las cinco primeras visitas, con acompañamiento de la DAR Norte y de las UMATAS de los municipios de Obando y La Victoria, se generó un primer acercamiento con los dueños y/o encargados de predios destinados a ganadería y cultivos más representativos de la zona.

Actividades ganaderas

Se realizaron dos visitas a la zona de estudio con acompañamiento del zootecnista PhD. Raúl Molina, zootecnista y experto en ganadería, y tuvo como objetivo realizar un diagnóstico de la actividad ganadera en las zonas.

La información de los agroecosistemas ganaderos fue recolectada mediante la aplicación de una encuesta semiestructurada y el dialogo con los propietarios y mayordomos de los predios visitados (experiencias silvopastoriles y de manejo sostenible, rotación de potreros, datos de explotación de las especies utilizadas, producción de carne o leche, tipo de manejo de suelo y tipos de pastos, entre otros). Adicionalmente, la observación de los paisajes ganaderos a lo largo de los recorridos realizados complementó el ejercicio.

Análisis DOFA

Con la información obtenida de la actividad anterior, las características productivas, ambientales y sociales de los sistemas ganaderos bovinos observados, fueron ubicadas en Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. Adicionalmente, se plantearon estrategias de crecimiento (Fortalezas * Oportunidades), estrategias de supervivencia (Debilidades * Oportunidades) y (Fortalezas * Amenazas) y estrategias de fuga (Debilidades * Amenazas).

Actividades agrícolas

Inicialmente, para obtener información de las actividades agrícolas del área de estudio, se solicitó información de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS) a las UMATAS de cada municipio.

Posteriormente, la información en campo fue recolectada mediante la aplicación de una encuesta semiestructurada (manejo y tipo de cultivo, riego, condiciones de drenaje, conocimiento de procesos erosivos, entre otros) y se complementó con el dialogo con los propietarios y/o mayordomos de los predios visitados. Además, la observación de los paisajes agrícolas a lo largo de los recorridos realizados complementó el ejercicio.

2.1.4 Comunidades Indígenas del municipio de Obando y La Victoria

Teniendo en cuenta que las comunidades de Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca participaron en los Acuerdos de Consulta Previa del POMCA río La Vieja, se realizaron dos visitas de campo con el objetivo de reconocer el territorio de las comunidades, realizar el levantamiento de información primaria, verificar estado de la vegetación y erosión en los suelos, identificar sus principales problemáticas y socializar los objetivos y actividades del convenio UNAL-CVC.

Las visitas de campo se realizaron con acompañamiento de la UMATA del municipio de Obando y la DAR Norte. Se utilizó el GPS TRIMBLE MODELO JUNO 3D para georeferenciar las coberturas, y fincas visitadas durante el recorrido; los puntos obtenidos se procesaron en el software Q-GIS (versión 3.6.0).

2.2 Resultados

2.2.1 Definición del área de estudio

En la Figura 1, se presenta la localización general del área de estudio del resultado R4A023, comprendida por los municipios de Obando y La Victoria, Valle del Cauca y la cuenca del río La Vieja; así mismo, se presenta las comunidades indígenas del municipio de Obando y La Victoria: Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca, las cuales, como se puede observar en el mapa, se encuentran asentadas por fuera del área de estudio de la actividad R4A023.

Como se mencionó en el apartado de antecedentes, las comunidades Kima Drua y Chacha Drua se encuentran asentadas en los corregimientos El Chuzo y El Machetazo en la cuenca del río Obando, sin embargo, son comunidades reconocidas por el Ministerio del Interior y participaron en la etapa de formulación de preacuerdos, acuerdos y protocolización del POMCA río La Vieja.

Por lo anterior, las comunidades Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca se tuvieron en cuenta en la fase de socialización, transferencia y apropiación social de conocimientos de la actividad R4A023, y son incluidas en el mapa de localización general del área de estudio, aunque se encuentren por fuera de esta.

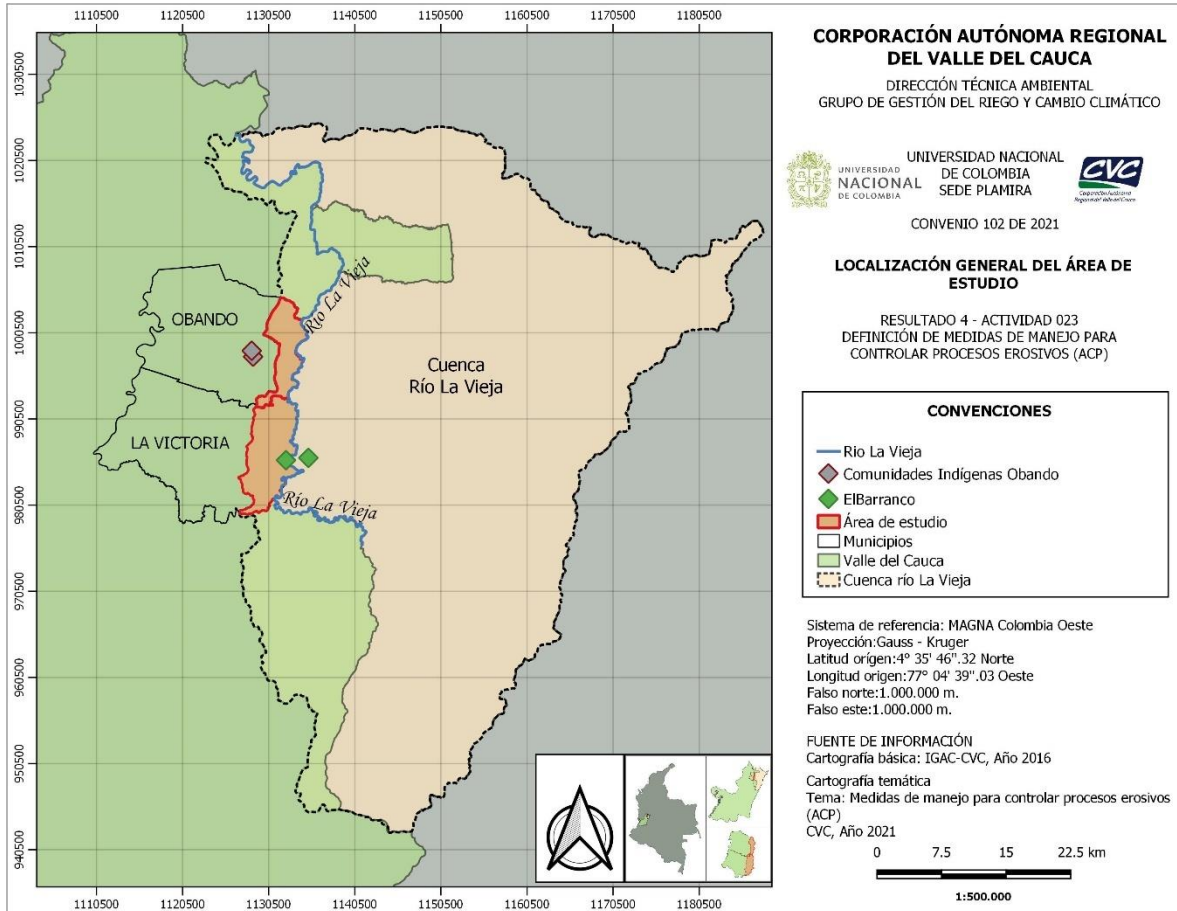


Figura 1. Mapa de localización general, municipio de Obando y La Victoria – Cuenca río La Vieja.
Fuente: Cartografía básica IGAC-CVC, 2016

El área de estudio del resultado R4A023 tiene una superficie de 9301.5 ha y está comprendido por los municipios de Obando (3379.3 ha) y La Victoria (5922.2 ha), en lo que corresponde a la cuenca del río La Vieja (Figuras 1 y 2).

Las veredas identificadas dentro del área de estudio son Villarodas, Buenos Aires y Puerto Samaria en el municipio de Obando y Riveralta, Taguales y Miravalles en el municipio de la Victoria.

Las vías de acceso hacia las veredas de Obando son:

- Vereda Villarodas: Obando – Villarodas y Cartago - Modín – Villarodas
- Puerto Samaria: Obando – El Chuzo – Puerto Samaria y una vía alterna por Montenegro, Quindío (vía vereda El Castillo).

Por otra parte, las vías de acceso hacia las veredas de La Victoria son:

- Riveralta: La Victoria – San Jose- Holguin- Miravalles-Riveralta y una vía alterna desde Pueblo Tapado - Riveralta.
- Miravalles: La Victoria – San José- Holguín- Miravalles y Corozal – Taguales - Miravalles
- Táguales: Corozal -Táguales

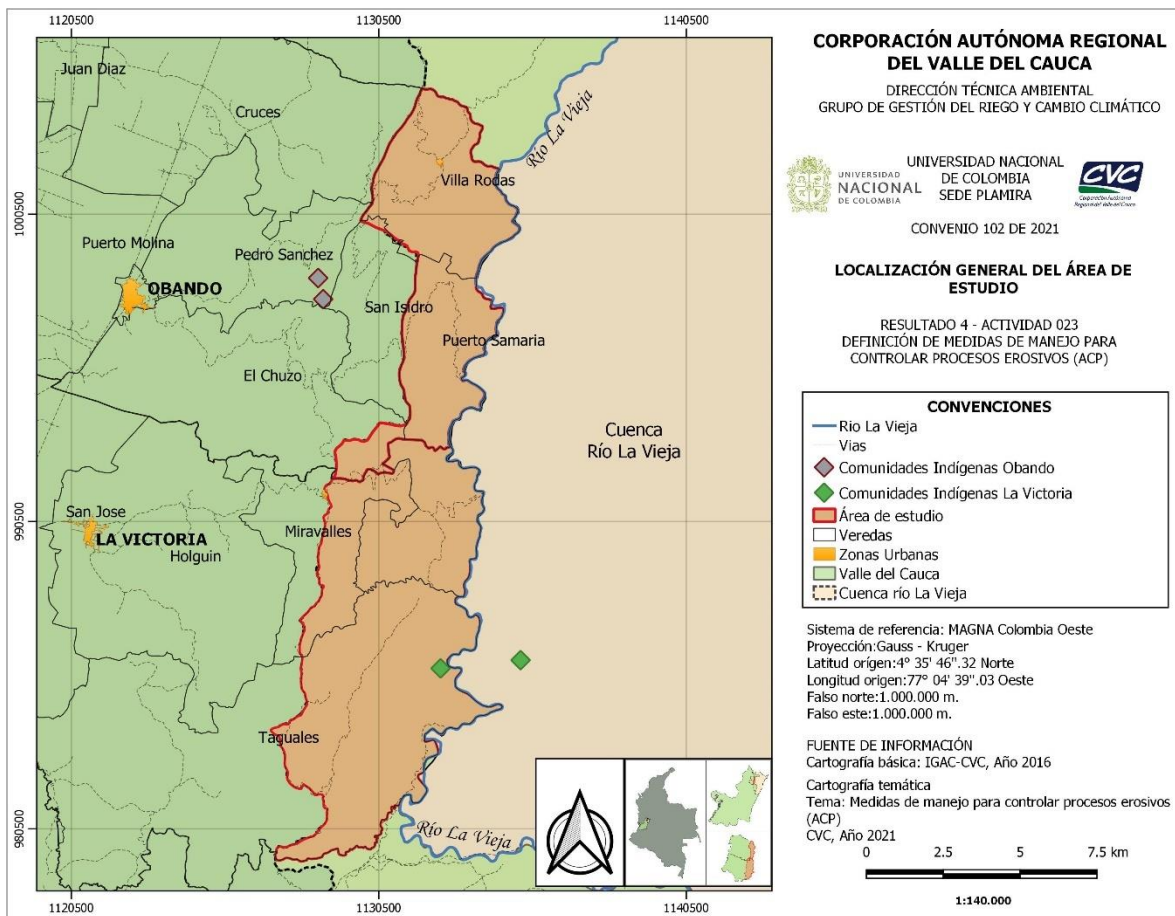


Figura 2. Localización de las comunidades indígenas que se encuentran en los municipios de estudio, Obando y La Victoria. Fuente: Cartografía básica IGAC-CVC, 2016

2.2.2 Línea base del área de estudio

Coberturas y uso del suelo del área de estudio

En la Figura 3 se presentan las coberturas del área de estudio, según cartografía IGAC – CVC actualizada al año 2015; de esta manera, se encontró que en el municipio de Obando los pastos representan el 42.5% del área total, la vegetación natural como bosques, arbustos y guadua representan el 41.5%. Por otro lado, para el municipio de La Victoria los

pastos representan un 50 % del área total y la vegetación natural como bosques, arbustos y guadua un 47%.

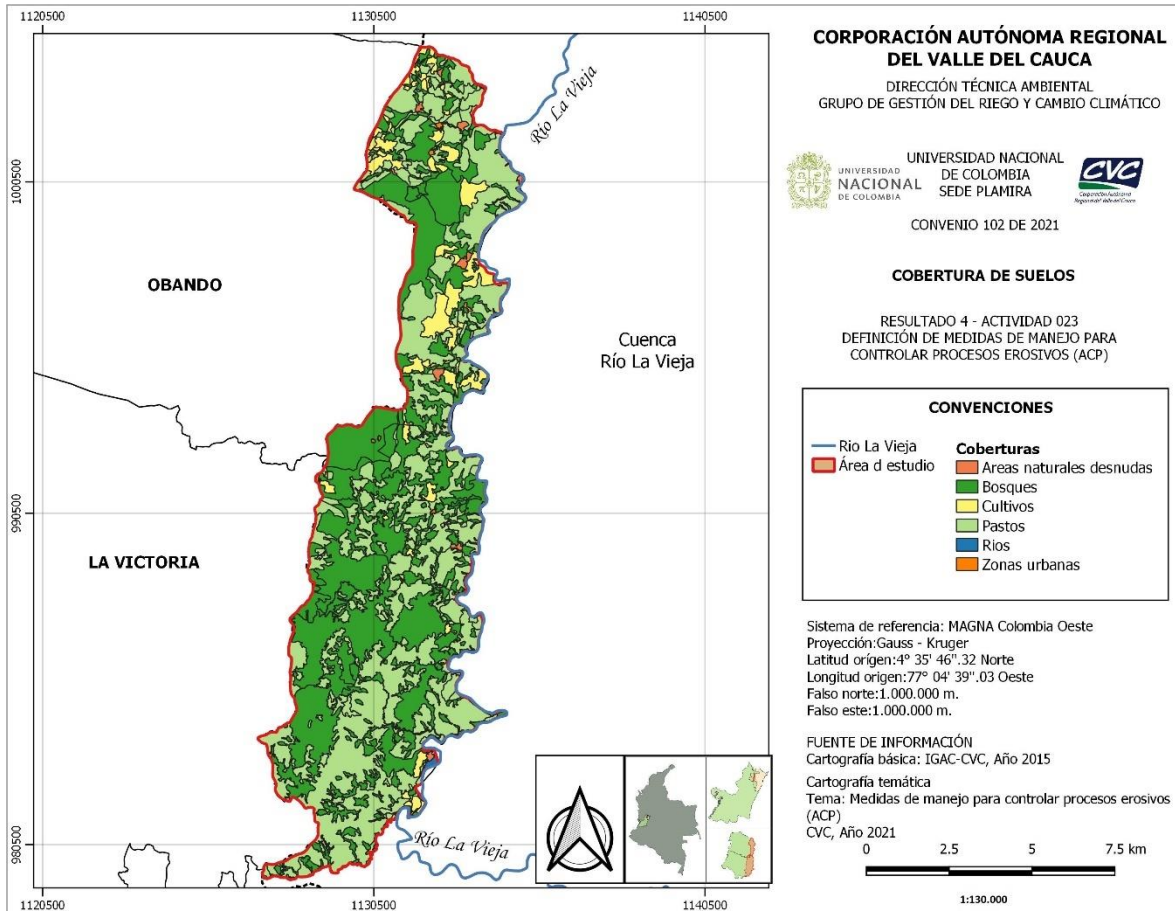


Figura 3. Mapas de coberturas en los municipios de Obando y La Victoria, cuenca río La Vieja
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015

Dado que la cobertura de pastos es una de las más representativas en las zonas de estudio, se relacionó esta capa con la de conflicto por uso, como se presenta en la Figura 4; esto con el fin de identificar usos de suelo relacionados con la actividad ganadera, en zonas no aptas, teniendo en cuenta el objetivo principal de la actividad R4A023.

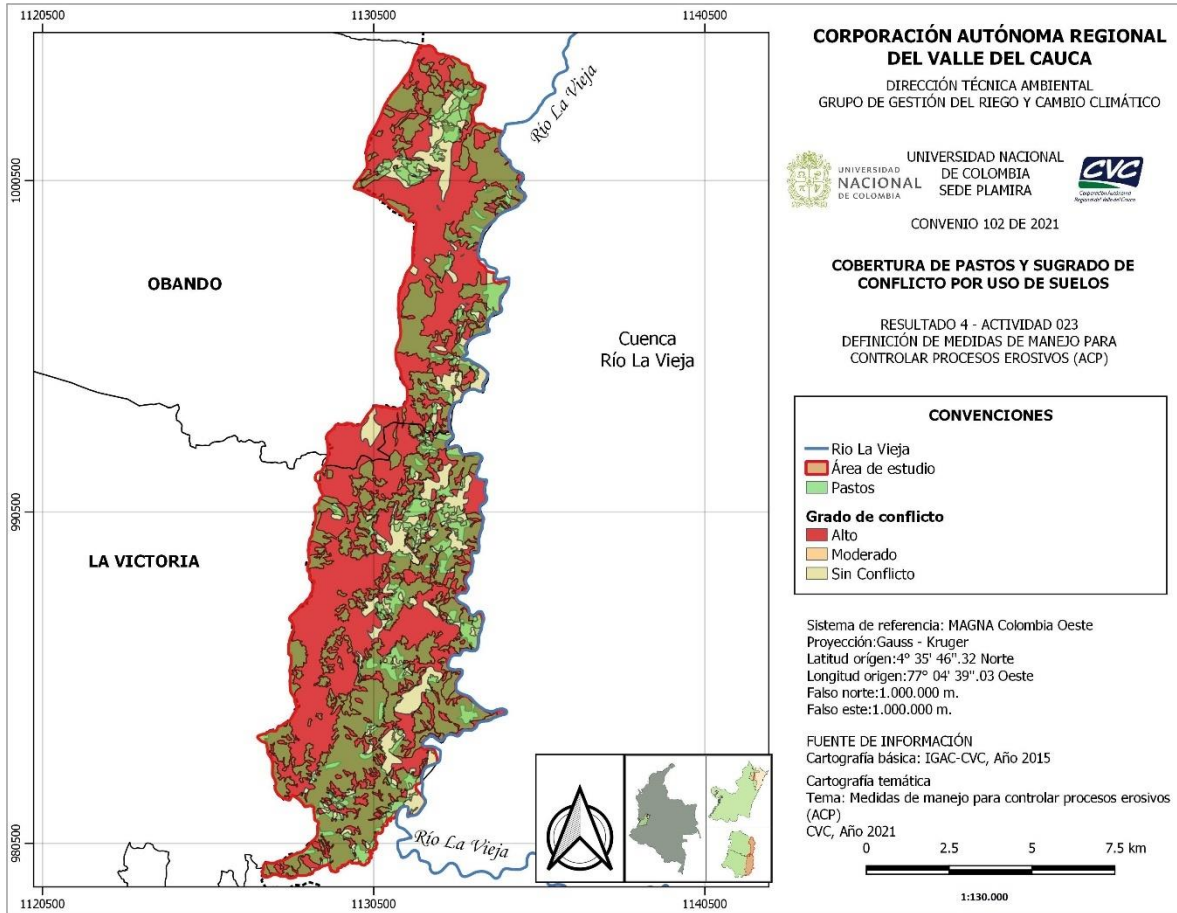


Figura 4. Mapa de cobertura de pastos en conflicto alto
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2014

De lo anterior, se encontró que en el área de estudio sólo se discriminan dos grados de conflicto: conflicto alto y sin conflicto, y que aproximadamente el 80% de los pastos del área de estudio, se encuentra en la categoría de conflicto alto.

Unidades Cartográficas y consociaciones de suelos del área de estudio

En la Figura 5 se presenta el mapa de las consociaciones de suelos Del municipio de Obando y La Victoria, cuenca río La Vieja.

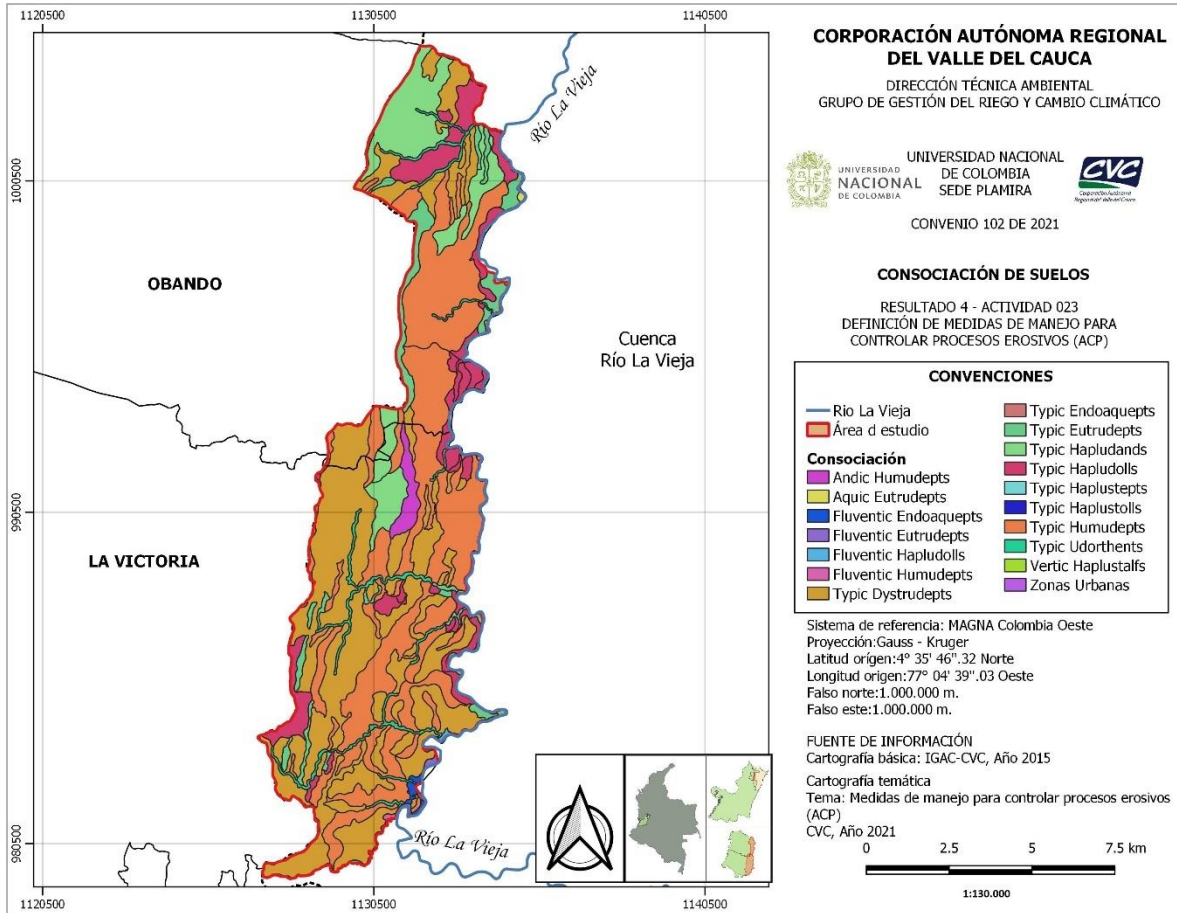


Figura 5. Mapa de consociaciones de suelo encontradas en los municipios de Obando y La Victoria
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015

En la Tabla 1, se presenta un resumen de las características de las UCS y las consociaciones de suelos más representativas del área de estudio (88% del área total de Obando y 90.3% de La Victoria); esta descripción se tomó del documento *Levantamiento semidetallado de suelos escala 1:25000 de las cuencas priorizadas por la CVC* (CVC & IGAC, 2014).

Este resumen se realizó con el objetivo de tener un primer indicio de las características de los suelos más representativos del área de estudio.

Tabla 1. Descripción de las UCS más representativas del municipio de Obando y La Victoria, cuenca La Vieja
Fuente: CVC - IGAC, 2014

UCS	Clasificación	Área (%)	Propiedades	Limitaciones	Formas de terreno	Vereda
MQSS-B	Typic Humudepts	28 (Obando) ; 18 (La Victoria)	texturas franco arcillosas y retención de humedad alta en el primer y tercer horizontes, densidad aparente baja y densidad real media, porosidad total muy alta. Carbono orgánico es alto	Fuertes pendientes, la erosión moderada, pedregosidad superficial en algunos sectores, los altos contenidos de aluminio en el complejo de cambio, los bajos contenidos de bases intercambiables y la baja fertilidad.	Pendientes que varían de fuertemente inclinadas a fuertemente escarpadas (12 a >75%).	Puerto Samaria - Obando; Taguales y Miravalles-La Victoria
MQSR-D	Typic Hapludands	15 (Obando)	Texturas franco arenosas y franco arcillosas; retención de humedad varía de baja a media con la profundidad, densidad aparente muy baja y real baja; porosidad total muy alta. Carbono orgánico varía de alto a bajo en profundidad	Fuertes pendientes, baja retención de humedad y la alta acidez de los suelos.	Pendientes varían de ligeramente escarpadas (25-50%) a moderadamente escarpadas (50-75%).	Villarodas
MQSR-F	Typic Dystrudepts	14 (Obando) ; 37 (La Victoria)	Texturas arcillosas y franco arcillo arenosa en profundidad, retención de humedad muy baja, densidad aparente baja y densidad real media, porosidad total alta. Carbono orgánico medio	Fuertes pendientes, erosión moderada, pedregosidad superficial, en algunos sectores, altos contenidos de aluminio en el complejo de cambio y la baja fertilidad. Suelos con erosión moderada, requieren técnicas de mitigación y conservación de los mismos.	Pendientes varían de fuertemente inclinadas a fuertemente escarpadas (12 a >75%)	Villarodas y Buenos Aires - Obando; Taguales y Miravalles-La Victoria

UCS	Clasificación	Área (%)	Propiedades	Limitaciones	Formas de terreno	Vereda
MQTS-B	Typic Humudepts	10(Obando); 15.5 (La Victoria)	Suelos profundos, bien drenados, de texturas franco arcillosas y arcillosas, retención de humedad alta, densidad aparente media, densidad real baja, porosidad total media. Carbono orgánico es alto hasta el segundo horizonte (65cm)	Fuertes pendientes, la erosión moderada, los altos porcentajes de aluminio en el complejo de cambio y la baja fertilidad. Suelos con erosión moderada, requieren un manejo especial mediante técnicas de recuperación y conservación de suelos.	pendientes varían de fuertemente inclinadas a moderadamente escarpadas (12-75%).	Buenos Aires y Puerto Samaria-Obando; Taguales y Rivera Alta-La Victoria
MQLL-H	Typic Hapludolls	7.4 (Obando)	texturas francas y franco arcillo limosa, retención de humedad baja, la densidad aparente varía de media a alta, densidad real media; la porosidad total varía desde alta a media con la profundidad. Carbono orgánico es medio	Fuertes pendientes, baja retención de humedad y procesos erosivos de grado moderado, que condicionan el manejo de los suelos.	Pendientes varían entre fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%).	Villarodas
MQSE-I	Typic Eutrudepts	6 (Obando)	Texturas franco arcillosas, arcillo limosas y franco limosas, retención de humedad media en superficie y baja en profundidad; densidad aparente y real media en superficie y baja en profundidad; porosidad total. Carbono orgánico es bajo en todo el perfil;	Pendientes moderadas a fuertemente escarpadas y la erosión en grado moderado.	Pendientes varían de moderada a fuertemente escarpadas (50 a >75%).	Villarodas y Puerto Samaria
MQSS-A	Typic Hapludands	5.1 (Obando) ; 2.63 (La Victoria)	texturas franco finas, la retención de humedad es media, la densidad	Pendientes ligeramente escarpadas y susceptibilidad a	Pendientes ligeramente escarpadas (25 a 50%).	Buenos Aires - Obando; Rivera

UCS	Clasificación	Área (%)	Propiedades	Limitaciones	Formas de terreno	Vereda
			aparente es muy baja, la densidad real es baja, la porosidad total es muy alta. Carbono orgánico es alto hasta 65 cm.	los movimientos en masa.		Alta y Miravalles-La Victoria
MVSS-A	Typic Hapludolls	3.2 (Obando)	texturas franco finas y arcillosas, la retención de humedad es baja, densidad aparente es media en superficie y alta en profundidad, la densidad real es baja hasta 25 cm y media en profundidad, la porosidad total es media. Carbono orgánico es medio,	Pendientes ligeras a moderadamente escarpadas y fragmentos de roca de tipo piedra y pedregón	Pendientes varían de fuertemente inclinadas a moderadamente escarpadas (12 a 75%).	Buenos Aires y Puerto Samaria
MQHS-A	Typic Hapludolls	2.14(La Victoria)	texturas franco arcillo arenosas, retención de humedad muy baja; densidad aparente varía de media a baja con la profundidad y la real media; porosidad total alta con dominancia en macroporosidad. Carbono orgánico varía de medio a bajo con la profundidad;	Pendientes ligeras y moderadamente escarpadas, baja muy retención de humedad, la acidez de los suelos.	pendientes varían de ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%).	Taguales
MQTR-C	Andic Humudepts	2 (La Victoria)	texturas arcillosas y franco arcillosas, retención de humedad varía de baja a media con la profundidad; la densidad aparente varía desde baja a muy baja en profundidad y la densidad real es	Fuertes pendientes, baja retención de humedad.	pendientes varían entre ligeramente escarpadas (25-50%) a moderadamente escarpadas (50-75%)	Rivera Alta

UCS	Clasificación	Área (%)	Propiedades	Limitaciones	Formas de terreno	Vereda
			media; porosidad total varía de alta a muy alta. Carbono orgánico varía de alto a bajo en profundidad;			
MQTR-D	Typic Dystrudepts,	10 (La Victoria)	texturas finas en todo el perfil, retención de humedad muy baja a través de todo el perfil, densidad aparente baja y densidad real media y porosidad total alta. Carbono orgánico son altos en superficie y en profundidad son muy bajos	Pendientes ligeras a moderadamente escarpadas, baja retención de humedad	pendientes varían de fuertemente inclinadas a moderadamente escarpadas (12-75%).	Taguales y Rivera Alta
MQZV-C	Typic Udorthents	3 (La Victoria)	textura fina y fuertemente ácidos. Carbono orgánico es medio	Abundante pedregosidad en superficie, poca profundidad efectiva, baja retención de humedad.	pendientes son ligeramente plana y ligeramente inclinadas (1-7%).	Miravalles y Taguales

Uso de suelo potencial

En la Figura 6 se presenta el mapa de los usos recomendados para los suelos de los municipios de Obando y La Victoria, cuenca río La Vieja.

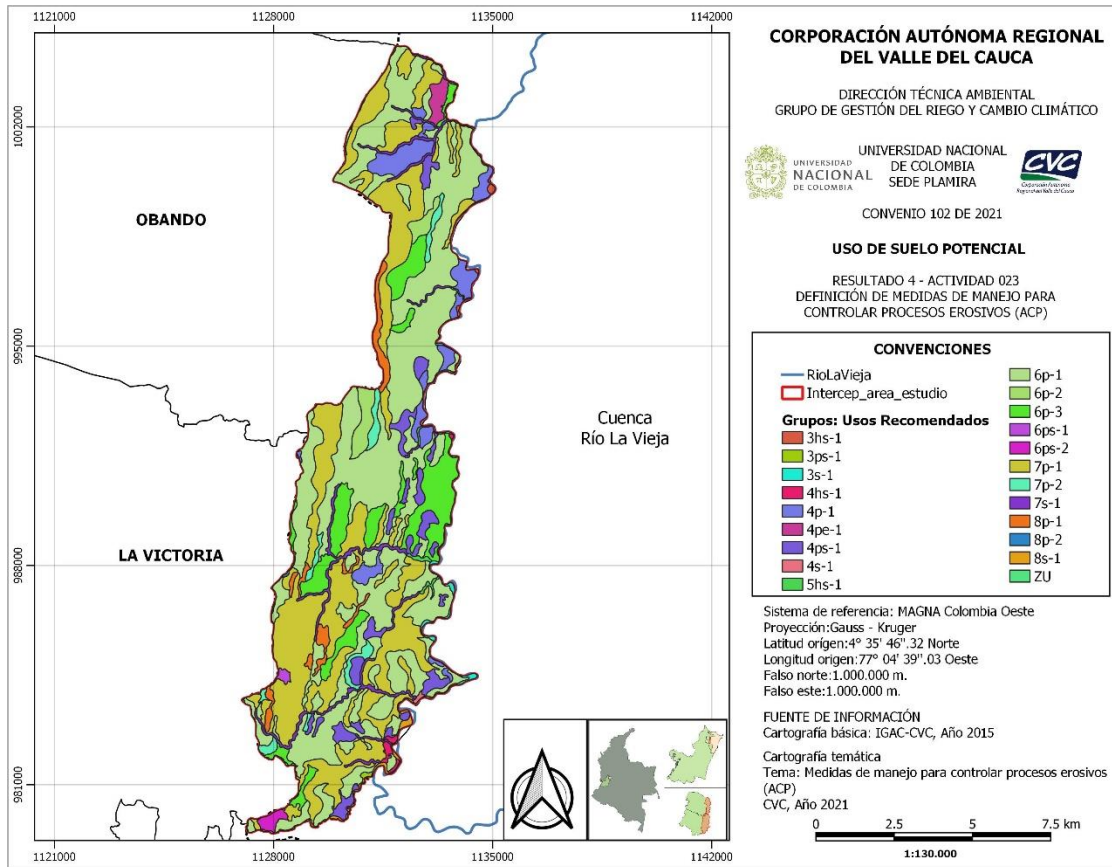


Figura 6. Mapa de usos recomendados para suelos del área de estudio.
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015

En la Figura 6 se presentan los usos recomendados por medio de grupos codificados (explicados en la Tabla 2) encontrados en la capa temática de capacidad de uso (CVC-IGAC, 2015). Estos grupos integran las características generales de los suelos, las principales limitantes y los usos recomendados.

Según lo presentado en la Tabla 1, las principales limitantes de los suelos del área de estudio son las fuertes pendientes y la erosión moderada; por esta razón se localizaron estas limitantes en la capa de capacidad de uso para el área de estudio (Figura 6), obteniendo los siguientes usos recomendados:

Tabla 2. Descripción de los usos recomendados según las principales limitantes de los suelos del municipio de Obando y la victoria, cuenca La Vieja
Fuente: CVC - IGAC, 2015

Grupo: Usos recomendados	Principales Limitantes	Usos recomendados
4p-1	Pendientes fuertemente inclinadas	Tierras aptas para cultivos permanentes intensivos y semi-intensivos bajo riego en condiciones secas (CPI, CPS), tales como plátano, aguacate y cítricos. Actividades agrosilvícolas (AGS) bajo cultivos

Grupo: Usos recomendados	Principales Limitantes	Usos recomendados
		semipermanentes y permanentes asociados con especies
4pe-1	Pendientes fuertemente inclinadas, erosión moderada	Tierras aptas para sistemas silvopastoriles: ganadería con pastos mejorados y plantaciones forestales. Se recomienda programas de recuperación de suelos, fertilización, rotación de potreros, uso de variedades mejoradas de pasto, cercas vivas y protección
6p-1	Pendientes ligeramente escarpadas	Establecimiento de sistemas que involucran el desarrollo asociado de actividades agrícolas (cultivos transitorios), forestales (bosque productor) y ganaderas (semi-intensiva). Se recomienda la siembra en curvas a nivel y el mantenimiento de coberturas de
6p-3	Pendientes ligeramente escarpadas, en sectores erosión moderada	Tierras aptas para sistemas silvopastoriles con el establecimiento bosques-pastos y bosques protectores-productores
7p-1	Pendientes moderadamente escarpadas	Conservación y preservación de los recursos naturales, conservación de los bosques nativos, recuperación de las zonas afectadas por erosión ligera, protección de los recursos hídricos
7p-2	Pendientes moderadamente escarpadas, erosión moderada	Sistemas forestales de protección con prácticas de conservación de los bosques nativos, programas de recuperación de las zonas afectadas por los procesos de erosión

Información meteorológica del área de estudio

En la Figura 7 se presenta el mapa de la localización general de las estaciones meteorológicas disponibles y cercanas al área de estudio.

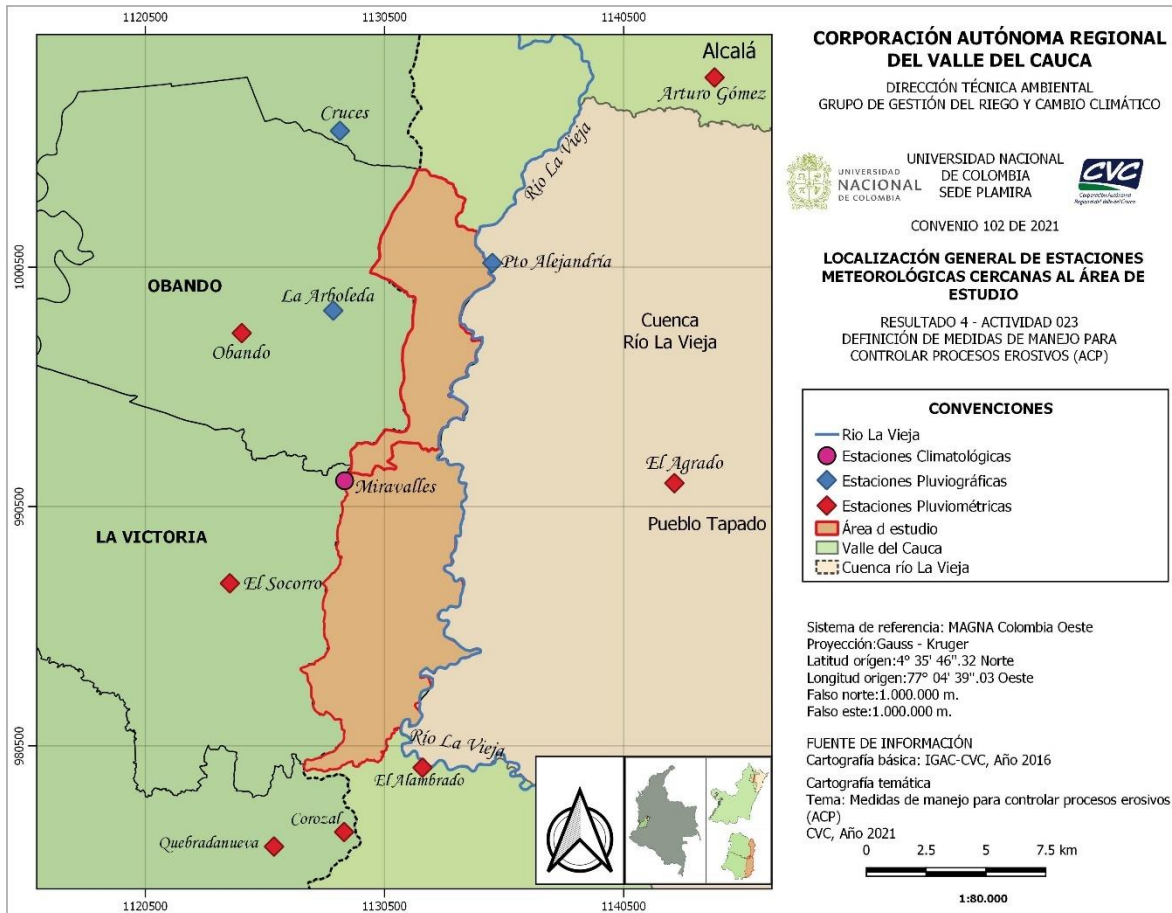


Figura 7. Localización general de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.
Fuente: Cartografía CVC – IDEAM - GENICAFÉ, 2021

En la Tabla 3. se presenta información general de las estaciones consultadas y la disponibilidad de sus registros, obtenida a partir de la revisión de registros diarios en los diferentes módulos de consulta.

- Sin información
- Datos faltantes
- Registros completos

Tabla 3. Disponibilidad de registros de estaciones meteorológicas consultadas
Fuente: Elaboración propia

Estación	Categoría	Municipio	Tipo	Altitud	Entidad	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
La Arboleda	Pluviográfica	Obando	Automática	1275	CVC	■	■	■	■	■	■	■	■
Pto Alejandria	Pluviográfica	Quimbaya	Automática	962	CVC	■	■	■	■	■	■	■	■
Cruces	Pluviográfica	Obando	Automática	970	CVC	■	■	■	■	■	■	■	■
Quebrada Nueva	Pluviométrica	Zarzal	Convencional	1043	CVC	■	■	■	■	■	■	■	■
El Socorro	Pluviométrica	La Victoria	Convencional	1025	CVC	■	■	■	■	■	■	■	■
Miravalles	Climatológica	La Victoria	Convencional	1233	CVC	■	■	■	■	■	■	■	■
Obando	Pluviométrica	Obando	Convencional	986	IDEAM	■	■	■	■	■	■	■	■
Corozal	Pluviométrica	Zarzal	Convencional	1178	IDEAM	■	■	■	■	■	■	■	■
El Alambrado -El Alert	Pluviométrica	Zarzal	Convencional	171	IDEAM	■	■	■	■	■	■	■	■
Arturo Gomez	Pluviométrica	Alcala	Convencional	1259	CENICAFE	■	■	■	■	■	■	■	■
El Agrado	Pluviométrica	Montenegro	Convencional	1275	CENICAFE	■	■	■	■	■	■	■	■

De esta manera, el periodo seleccionado para el análisis de la precipitación del área de estudio fueron los años 2013 a 2020, a excepción de la estación Pto. Alejandría donde sólo se tuvieron en cuenta los años disponibles (2016-2019) dada la cantidad de datos faltantes, y las estaciones El Alabrado, Arturo Gómez y El Agrado (2013-2019) en las cuales el año 2020 no cuenta con información.

A partir de lo anterior, se obtuvo la precipitación mensual multianual y la precipitación media anual de las estaciones consultadas (Figura 8 y Tabla 4).

En la Figura 8, se presenta la distribución de la precipitación mensual multianual de las estaciones cercanas área de estudio (periodo 2013-2020), donde se evidencia un régimen bimodal, con dos períodos húmedos correspondientes a los meses de marzo-mayo y octubre-diciembre.

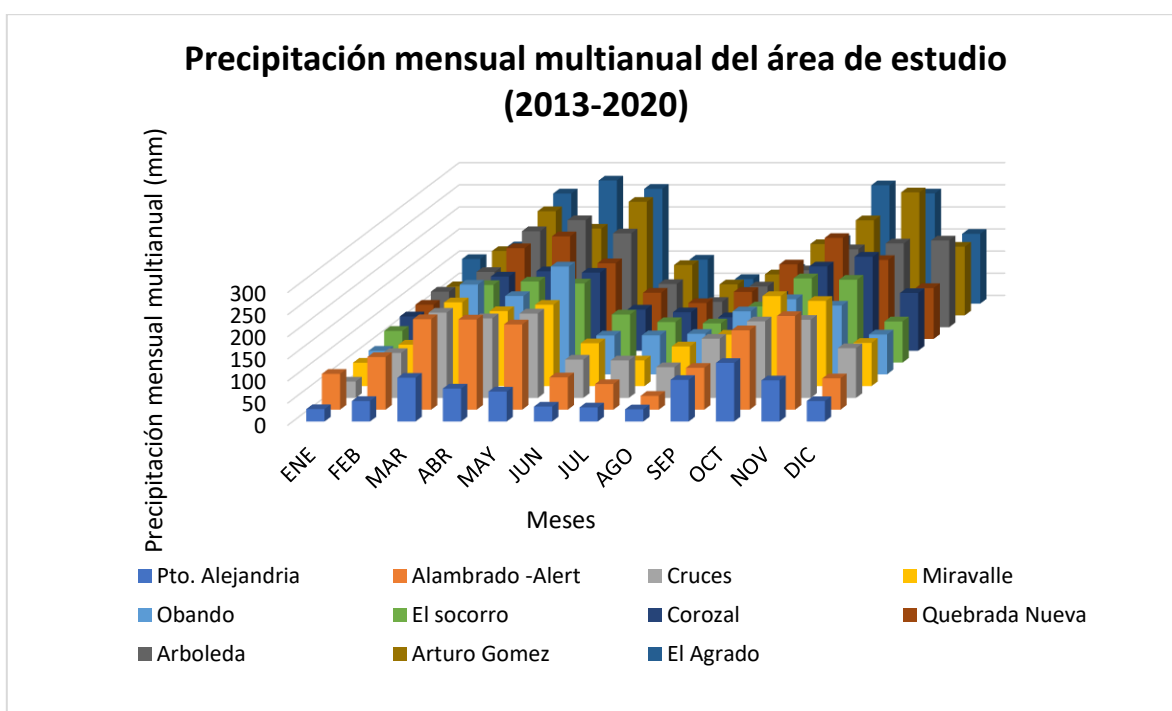


Figura 8. Precipitación mensual multianual de las estaciones cercanas al área de estudio
Fuente: CVC – IDEAM - CENICAFÉ, 2021

En la Tabla 4 se presenta la precipitación media anual de las estaciones consultadas, para el periodo de registro comprendido entre los años 2013-2020.

Tabla 4. Estaciones meteorológicas consultadas
Fuente: CVC – IDEAM - CENICAFÉ, 2021

Estación	Categoría	Municipio	Entidad	Altitud (msnm)	Precipitación media anual (mm)
La Arboleda	Pluviográfica	Obando	CVC	1275	1813
Pto. Alejandría	Pluviográfica	Quimbaya	CVC	962	774

Estación	Categoría	Municipio	Entidad	Altitud (msnm)	Precipitación media anual (mm)
Cruces	Pluviográfica	Obando	CVC	970	1539
Quebrada Nueva	Pluviométrica	Zarzal	CVC	1043	1778
El Socorro	Pluviométrica	La Victoria	CVC	1025	1595
Miravalles	Climatológica	La Victoria	CVC	1233	1545
Obando	Pluviométrica	Obando	IDEAM	986	1594
Corozal	Pluviométrica	Zarzal	IDEAM	1178	1623
El Alambrado -El Alert	Pluviométrica	Zarzal	IDEAM	171	1521
Arturo Gómez	Pluviométrica	Alcalá	CENICAFE	1259	1986
El Agrado	Pluviométrica	Montenegro	CENICAFE	1275	2068

Según lo presentado en la Figura 7 y en la Tabla 3 las estaciones más cercanas al área de estudio son Pto. Alejandría, Arboleda y Miravalles y el rango de precipitación media anual según sus registros, se encuentra entre los 774mm y 1813mm.

De igual forma, se analizaron los registros de estaciones como Cruces, Obando, El Socorro, Quebradanueva, Corozal, El Alambrado, Arturo Gómez y El Agrado (estas dos últimas ubicadas en el Quindío) que, a pesar de estar ubicadas a una distancia mayor, se considera que tienen influencia en el área de estudio y están ubicadas en alturas similares a las estaciones mencionadas en el párrafo anterior; de esta manera el rango de precipitación media anual en el área de influencia de la zona de estudio estaría comprendido entre los 774mm y 2068mm.

A continuación, se presentan los intervalos de registros disponibles en las estaciones identificadas cerca al área de estudio:

Tabla 5. Intervalos de registros de las estaciones identificadas.
Fuente: Elaboración propia

Estación	Entidad	Tipo de estación	Intervalo de registro		
			10 min	1 hora	Diario
Arboleda	CVC	Automáticas	✓	✓	✓
Cruces	CVC	Automáticas	✓	✓	✓
Pto alejandria	CVC	Automáticas	✓	✓	✓
Quebrada nueva	CVC	Convencionales	x	x	✓
Miravalles	CVC	Convencionales	x	x	✓
El Socorro	CVC	Convencionales	x	x	✓
Obando	IDEAM	Convencionales	x	x	✓
Corozal	IDEAM	Convencionales	x	x	✓
El Alambrado -El Alert	IDEAM	Convencionales	x	x	✓
Arturo Gomez	CENICAFE	Convencionales	x	x	✓
El Agrado	CENICAFE	Convencionales	x	x	✓

A partir de lo anterior se realizó una revisión más detallada de estas estaciones, encontrando que:

- La estación Arboleda presenta registros cada 10 min a partir del 16 de diciembre del 2019 hasta el 31 de diciembre del 2020 (1 año).
- La estación Cruces presenta registros cada 10 min a partir del 3 de noviembre del 2019 a las 11:40 am hasta el 1 de agosto del 2020 (9 meses).
- La estación Puerto Alejandría cuenta con registros cada 10 min a partir del 18 de noviembre del 2015 a las 7:30 pm hasta el 31 de diciembre del 2020 (5 años).
- La estación Brisas tiene registros cada 10 min para el año 2017, y no cuenta con registros desde el año 2018 hasta el 16 de mayo del 2019 donde retoma registros a la 1:30 pm hasta 19 de mayo del 2020 (2 años no consecutivos).

Según lo anterior, no se cuenta con varios años de registro continuo de precipitación (cada 10 min) en las estaciones consultadas, sin embargo, se utilizó la información disponible para analizar eventos de precipitación.

2.2.3 Levantamiento de línea base: área de estudio

Adicional al trabajo de revisión de información cartográfica y de estaciones meteorológicas en la zona y cercanas a esta, se realizaron visitas a campo de reconocimiento. En la Tabla 5 se presentan las salidas de reconocimiento realizadas en el área de estudio con su respectiva fecha, vereda y predios identificados.

Tabla 6. *Visitas de reconocimiento al área de estudio*
Fuente: Elaboración propia

Nº	Fecha	Objetivo de la visita	Vereda / Municipio	Predio
1	29-Sep-21	Visita de reconocimiento	Villarodas, Obando	Potosí
2	4-Oct-21	Visita de reconocimiento	Miravalles – Riveralta, La Victoria	Agropecuaria La Cumbre, La Alpina, Magallanes
3	7-Oct-21	Visita de reconocimiento y socialización	El Barranco, Montenegro (Quindío)- Taguales, La Victoria	Comunidad Cueva Loca
4	12-Oct-21	Visita de reconocimiento	Villarodas, Obando	El Reflejo, la Paloma, La Eme, El Zafiro, Soledad, La Porfía
5	18-Oct-21	Visita de reconocimiento	Puerto Samaria, Obando	Villa Fabi y Sr. Omar Alzate
6	19-Oct-21	Visita de reconocimiento	Taguales, La Victoria	La Esmeralda, El Vergel, La Pintura

Nº	Fecha	Objetivo de la visita	Vereda / Municipio	Predio
7	25-Oct-21	Visita de reconocimiento y socialización	El Chuzo, Obando	Comunidades Kima Drua - Chacha Drua
8	30-Oct-21	Visita de reconocimiento	Taguales, La Victoria	La Esperanza
9	5-Nov-21	Encuestas: diagnóstico de la actividad ganadera de la zona.	Taguales – Riveralta, La Victoria	La Pintura, La Alpina, Magallanes
10	11-Nov-21	Encuestas: diagnóstico de la actividad ganadera de la zona.	Villarodas	El Reflejo, la Paloma, La Eme, El Zafiro, Soledad, La Porfía

➤ **Línea base: actividades ganaderas**

En las visitas de reconocimiento, se identificó que el uso de suelo más representativo del área de estudio es la ganadería extensiva (Figura 9) y se evidenciaron impactos de esta actividad tanto en el recurso hídrico como en el recurso suelo, siendo la más representativa la erosión por terracetas o pata de vaca (Figura 10 y 11). Además, se observó que, en algunos sitios, aunque se conserva la vegetación natural al borde de las quebradas, no hay cercos que limiten el paso del ganado, lo cual puede tener impacto en calidad y cantidad del recurso hídrico.



Figura 9. Ganadería, Villarodas, 29-sep-2021



Figura 10. Pata de vaca, Finca Potosí – Villarodas, 29-sep-2021



Figura 11. Pata de vaca, Finca La Esmeralda – Táguales, 30- noviembre-2021

Diagnóstico de la actividad ganadera de la zona

En las visitas realizadas a la zona de estudio, se encuestaron las fincas Potosí, El Reflejo, La Porfia y Villa Fabi en Obando y las fincas Magallanes, La Alpina, La Pintura, La Esmeralda en La Victoria. Los resultados de estas encuestas se presentan en el **Anexo 3**.

De acuerdo a las encuestas realizadas, la actividad ganadera bovina encontrada estuvo orientada al levante y ceba de machos, cuyo componente racial estaba constituido principalmente por diferentes cruces con animales *Bos indicus* (Figura 12).



Figura 12. Bovinos presentes en la zona de estudio. Diferentes cruces raciales. 11-nov-2021

La dinámica poblacional del hato ganadero inicia con la compra de animales pequeños, con pesos vivos que oscilan entre 160 y 180 kg. El origen de estos animales es variado (La costa Atlántica, departamento del Quindío, Cartago, entre otros). Después de un tiempo de permanencia en las fincas (18 a 24 meses), los animales salen para el sacrificio, con pesos que pueden ir entre 480 y 520 kg. El tiempo para lograr estos pesos depende del alimento ofrecido a los animales y el manejo que cada hato tenga. De acuerdo, a la información brindada por los productores, las ganancias de peso diario estaban entre 300 y 500 gramos por día, valor similar al promedio nacional que reporta la federación de ganaderos del país (FEDEGAN, 2014, 2018).

Consistente con las características de la ganadería del país, en donde más del 95% de los sistemas de producción basan su alimentación en las pasturas (FEDEGAN, 2014), los predios visitados y las ganaderías observadas a través de los recorridos, mostraron las siguientes características:

- ✓ Potreros grandes, divididos con cercos fijos de alambre de púas.
- ✓ Varios de los potreros en donde se desarrolla la actividad ganadera presentan pendientes superiores a los 30-40° de inclinación.
- ✓ El crecimiento del pasto va de la mano con las precipitaciones de la zona, por ende, las producciones (kg/m² o kg/ha) fluctúan de acuerdo a la estacionalidad de las lluvias.
- ✓ No hay sistemas de riego establecidos para las pasturas.

- ✓ Estos potreros estaban compuestos por diferentes especies de pastos:
 - Estrella (*Cynodon nlemfuensis*)
 - India (*Megathyrsus maximus*)
 - Puntero (*Hyparrhenia rufa*)
 - Brachiaria (*Brachiaria decumbens*)
- ✓ De acuerdo a la disponibilidad de forraje, la carga animal de la zona estaba por debajo de un animal por hectárea.
- ✓ Suplementación mineral con sal.

Finalmente, referente a los recursos naturales, se observaron varios nacimientos de agua en la zona y áreas en conservación, muchas de ellas aisladas (Figura 14).



Figura 13. Áreas de conservación (bosques y fuentes hídricas), algunas con aislamientos. Finca Potosí, 29-sep-2021

Matriz DOFA

A continuación, se presenta las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas encontradas en los agroecosistemas ganaderos presentes en el área de estudio.

Tabla 7. Matriz DOFA actividades ganaderas

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ DOFA	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> • Bosques en los predios (gran parte aislados) • Fuentes hídricas (nacimientos de agua en las fincas, la mayoría aislados) • Cumplimiento de los esquemas de vacunación (Aftosa y carbón) • Cercas vivas (matarratón) • Manejo de grupos por tamaños (uso del suelo por grupos) • Cosecha de agua (jagueyes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajos parámetros productivos (ganancia de peso) • Baja carga animal • Ausencia relevo generacional • Erosión (pata de vaca) • Potreros extensos <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de ivermectina (coprófagos) • Desperdicio de agua en los bebederos que ocasionan encharcamientos en los potreros • Pendientes fuertes en algunos potreros para el pastoreo de los animales • Ausencia de riego para las pasturas
OPORTUNIDADES	Estrategias FO (crecimiento)	Estrategias DO (supervivencia)
<ul style="list-style-type: none"> • Sector importante en la generación de servicios ecosistémicos (Pagos por servicios ambientales) • Diversificación de actividades (turismo de naturaleza, piscicultura, especies menores, etc) • Sector seguro (orden público) <ul style="list-style-type: none"> • Vías de comunicación construidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Acceder a incentivos tributarios por la conservación (reducción de impuestos) • Recibir pagos por servicios ecosistémicos • Presentarse en diferentes convocatorias (productivas, reconversión, turismo, etc) • Acceder a mecanismos internacionales de 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversificar actividades productivas (especies menores, turismo, etc), acordes al uso potencial del suelo, que contribuyan a mejorar los ingresos de los productores • Ganadería orgánica (sellos verdes) • Implementación de acueductos ganaderos • Atraer las nuevas generaciones a

<ul style="list-style-type: none"> • Tecnificar la actividad ganadera (softwares, drones, apps, etc) 	<p>descontaminación como los bonos de carbono</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de recursos propios de la finca (economía circular) 	<p>través de la tecnología al servicio de la actividad</p>
<p>AMENAZAS</p>	<p>Estrategias FA (supervivencia)</p>	<p>Estrategias DA (fuga)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura vial en mal estado • Ausencia de asistencia técnica y extensión • Informalidad en la negociación de los productos generados en la zona • Poca oferta de mano de obra • Mano de obra poco calificada 	<ul style="list-style-type: none"> • Asociarse • A través de la asociación solicitar asistencia técnica en diferentes temáticas • A través de la asociación, fortalecer las negociaciones de los productos generados 	<ul style="list-style-type: none"> • Rechazar cualquier estrategia que combine debilidades y amenazas

➤ **Línea base: actividades agrícolas**

En las visitas de reconocimiento, se identificó que los cultivos más representativos en el municipio de Obando es el Café y el plátano y en La victoria el más representativo fueron Café, Plátano y cítricos (Figuras 15 a 17). Además, se evidencio que no realizan riego, conservan la cubierta vegetal natural del suelo, y utilizan control biológico natural en los cultivos.



Figura 14. Cultivo de cítrico, Finca agropecuaria la Cumbre, Municipio la Victoria, 4-oct-2021



Figura 15. Finca la Ilusión- Cultivo de plátano (cultivo limpio), 12-oct-2021



Figura 16. Finca La Palma – Cultivo de Café y Plátano, 24-nov-2021

Evaluaciones agropecuarias (EVAS)

Con la información de la EVAS proporcionada por las UMATAS de ambos municipios se encontró que los cultivos más representativos para el municipio de la Victoria en las veredas Riveralta, Táguales y Miravalles son Café, plátano, banano, cítricos, aguacate y cacao (Tabla 8).

Tabla 8. Resumen EVAS Municipio La Victoria.

Fuente: UMATA municipio de La Victoria

Cultivo	Tipo	% área			Otros	Total
		Rivalta	Taguales	Miravalles		
Aguacate	Permanente	80	15	0	5	100
Banano	Permanente	5	35	60	0	100
Cacao	Permanente	20	70	5	5	100
Café	Permanente	10	40	50	0	100
Caña panelera	Permanente	10	0	0	90	100
Cítricos	Permanente	30	40	0	30	100
Maracuyá	Permanente	0	0	10	90	100
Plátano	Permanente	10	10	80	0	100
Naranja valencia	Permanente	30	30	0	40	100
Frijol Ladera	Semestral Jul-dic	0	80	20	0	100
Tomate invernadero	Semestral Jul-dic	0	0	60	40	100
Tomate invernadero	Semestral Ene-Jun	0	0	60	40	100
Maíz tradicional	Semestral Ene-Jun	0	80	20	0	100

Por otro lado, según las EVAS del municipio de Obando (Tabla 9), los cultivos más representativos para las veredas Villarodas, Buenos Aires y Puerto Samaria son café, banano, plátano y aguacate.

Tabla 9. Resumen EVAS Municipio de Obando.

Fuente: UMATA municipio de Obando

Cultivo	Tipo	% Área			Otros	Total
		Villa Rodas	Buenos Aires	Puerto samaria		
Yuca	Permanente	28	0	0	72	100
Mango	Permanente	0	0	0	100	100
Café	Permanente	10	10	0	80	100
Caña Azucarera	Permanente	0	0	0	100	100
Banano	Permanente	30	20	0	50	100
Papaya	Permanente	0	0	0	100	100
Platano	Permanente	0	30	0	70	100
Caña panelera	Permanente	0	0	30	70	100
Guanabana	Permanente	0	0	0	100	100
Guayaba pera	Permanente	0	0	0	100	100
Aguacate	Permanente	30	0	0	70	100
Cacao	Permanente	5,6	0	0	94,4	100
Citricos	Permanente	-	-	-	-	-
Soya	Transitorios	0	0	0	100	100
Frijol plana	Transitorios	0	0	0	100	100
Frijol ladera	Transitorios	30	0	0	70	100
Tomate	Transitorios	0	0	0	100	100
Hortalizas	Transitorios	20	0	0	80	100
Maiz	Transitorios	30	0	0	70	100

Diagnóstico de la actividad agrícola

De acuerdo con las encuestas realizadas, la actividad agrícola encontrada estuvo orientada al cultivo de Café, Plátano y Cítricos (Limón Tahití, Naranja y Mandarina oneco y arrayana).

De manera general, la dinámica de la actividad agrícola en una de las fincas de cítricos visitadas (Agropecuaria la Cumbre) inicia con la implementación de semilleros para reproducir plantas o en ocasiones compran las plantas en una fenología del cultivo apta para ser trasplantada. Por otro lado, de acuerdo con la información brindada por los administradores y dueños de los predios, es que no se realizan riegos, mantienen protegido el suelo con cubierta vegetal natural (arvenses nobles) en los cítricos, mientras que en los cultivos de café y plátano utilizan hojarasca. También, se encontró que las fincas no tienen asistencia técnica y realizan fertilización sin análisis químicos de suelo excepto la finca la Rubiela.

Los predios visitados mostraron las siguientes características:

- ✓ Grandes áreas cultivadas.
- ✓ Suelos con buen drenaje.
- ✓ No utilizaban riego.
- ✓ No asistencia técnica
- ✓ La topografía del terreno era de pendientes altas

Finalmente, referente a los recursos naturales, se observaron varios nacimientos de agua en la zona y áreas en conservación.

2.2.4 Comunidades Indígenas

○ Comunidades del municipio de Obando

Las comunidades Kima Drua y Chacha Drua pertenecen al pueblo Embera Chami del Valle del Cauca y se encuentran afiliadas a la Organización Regional Indígena del Valle del Cauca – ORIVAC. Estas comunidades se encuentran asentadas en los corregimientos El Chuzo y El Machetazo, en la cuenca del río Obando.

Actualmente (octubre 2021), el gobernador de la comunidad Kima Drua es el señor Juan Carlos Arcila y el de Chacha Drua el señor Luis Eduardo Escobar.

La visita a las comunidades se realizó el 25 de octubre de 2021 y se llevó a cabo en los predios de la comunidad; el terreno de Kima Drua posee un área de 12 Ha y actualmente lo utilizan para siembra de cultivos como café, plátano, y cítricos (Figuras 16 y 17).



Figura 17. Cultivo de café asociado con plátano. 25/octubre/2021



Figura 18. Cultivo de plátano. 25/octubre/2021

Una de las principales problemáticas mencionadas por la comunidad Kima Drua es la reducción del recurso hídrico, que en ocasiones se presenta por el alto consumo de los predios vecinos dedicados a la ganadería. En la Figura 20 se presenta una fotografía del nacimiento donde la comunidad toma el agua para su uso y consumo.



Figura 19. Nacimiento comunidad Kima Drua. 25-oct-2021

Por su parte, la población indígena Chacha Drua se encuentra establecida en el predio La Arboleda, predio privado, pues la comunidad no posee predio propio (Figura 21).

En cuanto al agua, la comunidad menciona que toman agua de un nacimiento de una finca vecina llamada la Cristalina, la cual está destinada a ganadería, además, no tienen acueducto ni sistema de potabilización.



Figura 20. Socialización comunidad indígena Chacha Drua, 25-oct-2021.

Es importante resaltar que en ninguno de los predios de las comunidades indígenas realizan actividades ganaderas, sin embargo, si es una actividad sobresaliente en el área de sus predios vecinos.

Durante el recorrido hacia las comunidades indígenas, se identificó la finca La Nacayna, destinada a ganadería (Figura 22), donde observaron procesos erosivos como terracetas o pata de vaca.



Figura 21. Finca ganadera Nacayna, 25-oct-2021

Posterior a la visita, se relacionaron los suelos de los predios visitados y debidamente georreferenciados. En la Figura 23 se presenta el mapa donde se identifican los tipos de suelos que se encuentran en los predios de las comunidades indígenas y en predios vecinos.

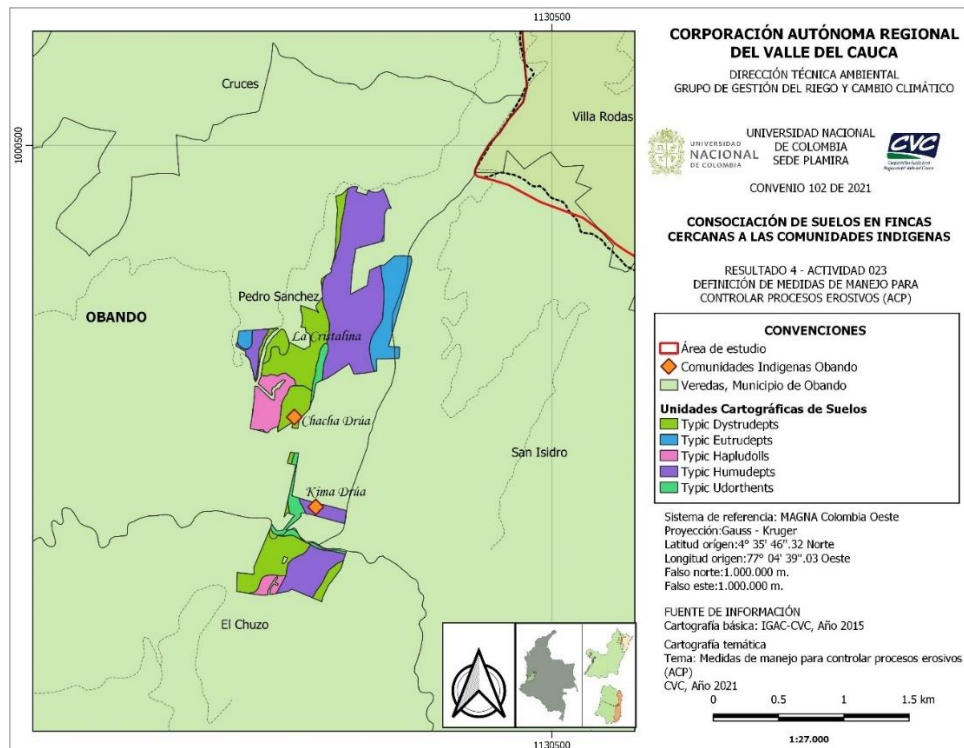


Figura 22. Suelos identificados en los predios de las comunidades indígenas de Obando.
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2014

Según la Figura 23, las consociaciones más representativas en el área de las comunidades indígenas son Typic Humudepts y Typic Dystrudepts los cuales hacen parte de los suelos más representativos del área de estudio de la actividad R1A031.

Se encontró coincidencia de la consociación Typic Dystrudepts en la finca La Cristalina (nacimiento Chacha Drua) y en la finca La Nacayna (identificada durante el recorrido).

- **Comunidad del municipio de La Victoria**

La comunidad indígena de Cueva Loca pertenece al pueblo Embera Chami del Valle del Cauca, esta comunidad se encuentra afiliada a la Organización Regional Indígena del Valle del Cauca – ORIVAC. El gobernador de la comunidad a octubre del 2021 es el señor Otoniel Gonzales.

Actualmente, la comunidad se encuentra asentada en el predio El Barranco, ubicado en el municipio de Montenegro, en el departamento del Quindío. Según lo mencionado por miembros de la comunidad, en la visita de campo realizada el 7 de octubre de 2021, una de las principales problemáticas son las condiciones no aptas para habitar el territorio ubicado en la vereda Táguales del municipio de La Victoria, resaltaron que no cuentan con energía eléctrica ni agua potable, además de la ausencia de vías de acceso a la zona.

Por otra parte, se identificó que la comunidad no tiene ganadería en su predio, ni ninguna actividad agrícola; sin embargo, la ganadería si es una actividad sobresaliente en el área de sus predios vecinos (La Esmeralda y La Esperanza) y consideran que, causa de esta actividad tienen afectaciones en la quebrada La Arenosa (Figura 25), de la cual se abastecían.

En un convenio realizado entre la CVC y la Organización Regional Indígena del Valle del Cauca – ORIVAC se construyó una bocatoma para el abastecimiento del recurso hídrico, sin embargo, según lo manifestado por la comunidad, el sistema no cumplió su función.

En la misma visita realizada el 7 de octubre de 2020 se realizó un recorrido al predio de la comunidad (La Aguja), ubicado en La Victoria, siguiendo el cauce de la quebrada La Arenosa hasta la sede Cacique González, la cual funcionaba como escuela de la comunidad, donde se evidenció que se encuentra en alto grado de deterioro (Figura 24).



Figura 23. Escuela de la comunidad Cueva Loca, Sede Cacique Gonzales. 7-oct-2021



Figura 24. Quebrada la Arenosa. 7-oct-2021

○ **Predio La Esperanza**

El día 30 de octubre de 2020 se programó una visita de campo a la vereda Taguales, con el objeto de identificar los predios vecinos de la comunidad Cueva Loca y el nacimiento que desemboca en la quebrada La Arenosa, priorizado en la primera visita realizada a la comunidad.

En esta visita se tuvo un primer acercamiento con los dueños de la finca La Esperanza, donde se encuentra ubicado dicho nacimiento.

Según lo identificado en el predio La Esperanza, el uso del suelo de la finca anteriormente era cafetero, luego estuvo destinado a ganadería extensiva, sin embargo, actualmente, gran parte del predio se encuentra en rastrojo (Figura 26), lo cual se pudo evidenciar en el

recorrido realizado; lo anterior, debido a que, en el momento, el predio se encuentra en proceso de partición entre la señora Amparo Wilches y sus tres hermanos.

Desde un punto alto se reconoció el lote del nacimiento (Figura 26) y se corroboró que todo el lote es de alta pendiente y se encuentra en rastrojo alto, y no se observa actividad ganadera como lo mencionaron los habitantes de la finca. Desde este punto de observación se divisaron algunas viviendas en el predio de la comunidad Cueva Loca.



Figura 25. Cobertura en rastrojo y vegetación natural, finca La Esperanza. 30-oct-2021

La señora Amparo menciona que en relación con la comunidad indígena Cueva Loca, una de las problemáticas en el nacimiento es el alto consumo del recurso en comparación con su oferta, pues el agua del nacimiento no es suficiente para suplir las necesidades de la comunidad en general, especialmente en épocas de “verano” o baja precipitación.

Se realizó el recorrido hasta el nacimiento, donde se evidenció presencia de vegetación densa (como matorrales, helechos y árboles frondosos de gran envergadura); el agua que brota del nacimiento en su recorrido hasta desembocar a la Quebrada la Arenosa forma pequeños estanques donde se acumula el agua (Figura 27).



Figura 26. Cobertura vegetal alrededor del nacimiento y estanque formados en el correr de las aguas del nacimiento. 30-oct-2021

En la figura 28, se observa la bocatoma que era usada por la Comunidad Cueva Loca. Esta se encontraba no operativa y sin conexiones que condujera el agua hasta el tanque.



Figura 27. Tanque de captación no operativo, comunidad Cueva Loca. 30-oct-2021

3. ZONAS PRIORIZADAS

b. Realizar al menos 9 visitas de campo para el levantamiento de información primaria, georreferenciación y evaluación de algunas propiedades físicas y químicas del suelo y agua en zonas priorizadas.

3.1 Metodología

A continuación, se describe la metodología desarrollada para el levantamiento de información primaria, la priorización y georreferenciación de sitios y la campaña de muestreos realizada para la evaluación de propiedades físicas y químicas de suelo, agua y foliar. Para lo anterior, se realizó un total de 18 visitas de las cuales 10 fueron de reconocimiento, socialización y encuestas a los municipios de Obando y La Victoria y 8 visitas se destinaron para la campaña de muestreo.

3.1.1 Visitas de campo para el levantamiento de información primaria

Se realizaron 10 salidas de reconocimiento a los municipios de Obando y La Victoria - Cuenca La Vieja (Tabla 5), respondiendo a las actividades relacionadas con el levantamiento de la información primaria, verificación del estado de la vegetación y erosión en los suelos, y priorización de sitios para muestreo; de igual forma se realizó un diagnóstico de las actividades ganaderas y agrícolas de la zona. Estas actividades se relacionan en el apartado 2.2.3 Línea base: actividades ganaderas y agrícolas.

Respecto al componente agua, en primera instancia se consultó la capa temática de drenaje de la CVC y se realizó el corte correspondiente a la zona de estudio; en segunda instancia, estas quebradas se identificaron en las salidas de reconocimiento, preguntando a las personas encargadas de las fincas visitadas, si alguna de estas quebradas pasaba cerca o atravesaba su finca. De esta manera, las quebradas que se encontraron cerca de las fincas visitadas durante los recorridos fueron priorizadas.

3.1.2 Priorización de sitios

Para la priorización de sitios en los municipios de Obando y la Victoria- Cuenca La Vieja, se tuvo en cuenta lo siguiente:

Las fincas para realizar muestreos de suelos se seleccionaron teniendo en cuenta las Unidades Cartográficas de Suelos (UCS) más representativas de la zona (presentadas en la Tabla 1 del apartado 2.2.2), las pendientes, el uso de suelo actual, el uso potencial, así como los sitios donde se evidenciaron procesos erosivos, y las condiciones de las vías de acceso.

Para verificar que se cumplieran los criterios mencionados, durante los recorridos realizados, se utilizó el GPS TRIMBLE MODELO JUNO 3D para georreferenciar las fincas visitadas y las quebradas identificadas durante los recorridos realizados; los puntos obtenidos se procesaron en el software Q-GIS (versión 3.6.0), esta información se cruzó con la cartografía mencionada (suelos, uso potencial, pendientes – DEM) y se elaboró un mapa de localización de las fincas.

3.1.3 Evaluación de propiedades físicas y químicas del suelo y agua en zonas priorizadas.

Diseño de muestreo de suelos

En suelos destinados a ganadería, se tuvieron en cuenta 3 escenarios de erosión:

- ✓ Nivel de erosión alto: Suelo desnudo (Figura 29).



Figura 28. Suelo desnudo, 7-oct-2021

- ✓ Nivel de erosión medio: Terracetos o pata de vaca (Figura 30).



Figura 29. Terracetos o pata de vaca, 29-sep-2021

- ✓ Nivel de erosión bajo: Cobertura de pastos (Figura 31).



Figura 30. Cobertura de pastos, 4-oct-2021

Para suelos destinados a la agricultura, se tuvieron en cuenta los cultivos y pendientes más representativos de la zona (EVAS UMATA, Coberturas IGAC-CVC, visitas de campo). De esta manera, los sitios de muestreo se seleccionaron teniendo en cuenta 3 niveles de pendiente: Alta, Media o Moderada y baja.

- ✓ Alta: Moderadamente escarpada >50%
- ✓ Media: Ligeramente escarpada 25-50%
- ✓ Baja: Fuertemente inclinada <25%

Para el resultado R4A023 se seleccionaron 12 fincas para muestreo de suelos (8 fincas ganaderas y 4 fincas con cultivos), teniendo en cuenta los criterios mencionados para la selección de sitios.

A continuación, se presenta el plan de muestreo a seguir:

- Sitios de muestreo: 12 predios priorizados
- Puntos de muestreo: 3 puntos por predio (seleccionados según el grado de erosión y pendiente)
- Repeticiones por sitio: 3 repeticiones por punto en las propiedades requeridas para determinar el factor erodabilidad.
- Medición de pendiente en los puntos seleccionados por grado de erosión (Figura 32).



Figura 31. Medición manual de pendiente.

Para determinar la pendiente en cada punto de muestreo se utilizaron dos jalones (J) de madera, una cuerda o piola, un flexómetro, un nivel manual y otro de hilo. Los jalones fueron ubicados en dirección de la pendiente, debida mente nivelados y a una distancia horizontal (L) de 1.20 a 2 m. Seguidamente, se midió la altura de la cuerda horizontal en cada jalón y longitud de esta cuerda; con la información anterior se utilizó la siguiente ecuación.

$$S = \frac{J2 - J1}{L} \times 100$$

Donde

S: Pendiente (%)

L: Distancia horizontal (m)

J1: Altura del jalón 1 (m)

J2: Altura del jalón 2 (m)

En la Tabla 10. se presentan los rangos de pendiente y su respectiva clasificación según el IGAC.

Tabla 10. Rangos de pendientes y clasificación IGAC

Fuente: Consorcio Río Garagoa, 2016

RANGOS (%)	INTERPRETACIÓN
0-3	A nivel
3-7	Ligeramente Inclinada
7-12	Moderadamente Inclinada
12-25	Fuertemente Inclinada
25-50	Ligeramente empinada o Ligeramente escarpada
50-75	Moderadamente empinada o Moderadamente escarpada
75-100	Fuertemente escarpada o Fuertemente empinada

Análisis de suelos

Para definir los análisis que se solicitaron a laboratorio, en primera instancia, se tuvo en cuenta las propiedades de suelo requeridas para determinar el factor erodabilidad del suelo (Factor K):

- Materia orgánica: por el método de Walkley – Black
- Textura: por el método de la pipeta, para conocer los porcentajes de arena, limo, arcilla y arenas muy finas (entre 0,05 y 0,1mm).
- Conductividad hidráulica saturada: relacionada el valor de permeabilidad del suelo.

Para complementar el análisis del impacto de las actividades ganaderas y agrícolas, se analizaron propiedades físicas y químicas de suelo y análisis foliar:

- Densidad aparente (método del cilindro)
- Curvas de retención de humedad
- Estabilidad estructural
- Distribución de agregados
- Análisis Químico de suelos (completo)

Toma de muestras de suelo

Teniendo en cuenta los análisis de suelo a realizar, se utilizaron los siguientes materiales para recolección de las muestras:

Para los análisis físicos que requerían muestras sin disturbar, se utilizaron anillos de acero inoxidable. Para la densidad aparente (D_a) y la conductividad hidráulica saturada (K_s) se utilizaron anillos de 5cm de alto x 5cm de diámetro. Para las curvas de retención de humedad se utilizaron anillos de 2.5cm de alto x 5cm de diámetro.

Para los análisis de textura, estabilidad estructural, distribución de agregados y análisis químicos se recolectó 1 kg de suelo, teniendo en cuenta que los análisis físicos fueron enviados al laboratorio del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y los químicos al laboratorio de AGROSAVIA, fue necesario recolectar varias bolsas de 1kg para el envío a laboratorio.

La toma de muestras de suelo se realizó a una profundidad de 0-25cm y se tuvieron en cuenta las recomendaciones dadas por los laboratorios, entre ellas:

- El suelo debía contener cierta humedad que permitiera extraer el suelo sin ser fracturado.
- Eliminar la capa vegetal del perfil superior sin alterarlo.
- Para la toma de muestras sin disturbar, se aseguró que el extremo afilado del anillo fuese el primero en tener contacto con el suelo, y se utilizó un muestreador de copa y un martillo para introducir el anillo y evitar compactación de la muestra (Figura 33).
- Al extraer el anillo se tuvo la precaución de dejar un poco de suelo por debajo y por encima (Figura 33), tratando de no dejar a ras el anillo para evitar el sellamiento de la muestra; además, el arreglo de estas muestras se completaba en laboratorio (en este caso, CIAT) por personal especializado, quienes retiraban el exceso de suelo trazando una cuadrícula imaginaria en ambos extremos del anillo.
- Se aseguró una correcta marcación tanto en las muestras disturbadas como sin disturbar, de manera que los consecutivos asignados permitieran la identificación de las muestras a la hora de analizar los resultados.



Figura 32. Muestreo de suelo. Fotos tomadas 9-noviembre-2021

En la tabla 11, se presenta el resumen de muestras tomadas para análisis de suelos requeridos para el resultado R4A023 y el número de muestras totales que se tomaron en los diferentes sitios priorizados.

Tabla 11. Resumen de los análisis de suelos requeridos para el resultado R4A023

Análisis de suelos	Tipo de muestra	Número de puntos por predio	Número de repeticiones	Número de muestras totales	Cálculos
Determinación de textura (metodología Pipeta de Robinson)	Disturbada	3	3	108	Factor K - USLE
Arenas después de textura					
Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico Total (COT)	Disturbada	3	3	108	
Conductividad hidráulica saturada (permeámetro de carga constante)	Anillos	3	3	108	

Análisis de suelos	Tipo de muestra	Número de puntos por predio	Número de repeticiones	Número de muestras totales	Cálculos
Curvas de retención de humedad (ollas de Richards)	Anillos	3	1	36	Análisis complementarios
Densidad Aparente	Anillos	3	3	108	
Estabilidad estructural (metodología Yoder)	Disturbada	3	1	36	
Distribución de agregados (metodología Shaker)					
Análisis Químico de suelos	Disturbada	3	3	108	

Análisis de agua

Para los análisis de agua, se tomaron muestras en 9 quebradas priorizadas en las visitas de campo (apartado 3) y 3 muestras en los nacimientos de las comunidades indígenas.

En los análisis realizados, se evaluaron propiedades químicas como dureza, ph, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, Boro, Magnesio, Potasio, Sodio, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Fosfatos y Hierro. Asimismo, se evaluaron propiedades microbiológicas para evaluar la presencia de coliformes y E. coli. Estas propiedades fueron consideradas para evaluar la calidad de agua para riego y calidad de agua para consumo humano.

En este sentido, en cada quebrada se recolectaron dos muestras de 1L en botellas plásticas transparentes, una destinada para análisis químico y la otra para coliformes y E. coli. Además, se midieron parámetros como PH, conductividad eléctrica (CE), temperatura (T°) y sólidos suspendidos totales (SST) con ayuda de un medidor portátil multiparamétrico SensION + MM150.

Análisis foliar

Por otra parte, en las 12 fincas priorizadas se tomaron muestras foliares para evaluar el impacto del grado de erosión y de la pendiente en el contenido de minerales en las hojas. Para este muestreo se tomaron 250g de hojas (material fresco) por cada rango de pendiente evaluado, es decir que se tomaron 3 muestras por finca.

En estas muestras se evaluaron porcentajes de Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, Magnesio y azufre, y los contenidos (mg/kg) de hierro, cobre, Magnesio, zinc, boro y sodio.

Laboratorios

Los análisis se contrataron con laboratorios certificados. En este sentido, los análisis de propiedades físicas de suelos se realizaron con el laboratorio de servicios analíticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en la ciudad de Palmira.

Los análisis químicos de suelos, aguas (químico y microbiológico) y foliares, se realizaron con el laboratorio de AGROSAVIA; el envío de estas muestras se realizó por medio de correo nacional hacia la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por el laboratorio para la conservación de muestras.

Comunidades indígenas

Teniendo en cuenta que las comunidades indígenas Kima Drua y Chacha Drua del municipio de Obando se encuentran por fuera de la cuenca río La Vieja, y lo acordado en reuniones UNAL-CVC, en los territorios de las comunidades se tomaron muestras de agua en sus nacimientos (como se describe en el apartado de análisis de agua).

Por otra parte, se tomaron 9 muestras de suelo (manteniendo el diseño y los análisis mencionados en el apartado de análisis de suelos) en la finca La Nacayna (destinada a ganadería), la cual se encuentra muy próxima al territorio de las comunidades. lo anterior con el objetivo de evaluar propiedades fisicoquímicas del suelo en un área cercana a las comunidades (acuerdo con CVC).

Así mismo, con lo que respecta a la comunidad de Cueva Loca se tomó 1 muestra de agua del nacimiento del que anteriormente se abastecían o captaban el agua y muestras de suelo en la finca la Esmeralda la cual está próxima a su territorio ubicado en el municipio la Victoria.

Campañas de muestreo

Para el muestreo de suelos y agua en zonas priorizadas, se programaron 8 visitas de campo a la zona de estudio, como se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Campaña de muestreo en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia

Nº	Fecha	Objetivo de la visita	Vereda	Predio
1	9-Nov-21	Muestreo de suelo, foliar y agua	Riveralta	Agropecuaria la Cumbre
2	10-Nov-21	Muestreo de suelo, foliar y agua	Riveralta	Alpina
				Magallanes

Nº	Fecha	Objetivo de la visita	Vereda	Predio
3	17-Nov-21	Muestreo de suelo, foliar y agua	Puerto Samaria	Villa Fabi
4	24-Nov-21	Muestreo de suelo, foliar y agua	Villarodas	Potosí
				El reflejo
				La Palma
5	25-Nov-21	Muestreo de suelo y foliar	Villarodas	La Esperanza
				La Porfía
6	29-Nov-21	Muestreo de suelo, foliar y agua	Táguales	La Esmeralda
7	30-Nov-21	Muestreo de suelo y foliar	Táguales	La Rubiela
8	10-Dic-21	Muestreo de suelo y foliar	El chuzo	Nacayna
		Muestreo de agua	El chuzo y El Machetazo	Comunidades Kima Drua y Chacha Drua


3.2 Resultados





3.2.1 Visitas de campo para el levantamiento de información primaria

Durante las visitas de reconocimiento se identificaron los siguientes predios en los municipios de Obando y La Victoria, cuenca río La Vieja:





Tabla 13. Visitas de reconocimiento para levantamiento de información primaria en los municipios de Obando y La Victoria.

Fuente: Elaboración propia

Nº	Predio	Vereda	Uso Actual	Foto
1	Potosí	Villarodas, Obando	Ganadería	 <p>Fecha: 12-oct-2021</p>

Nº	Predio	Vereda	Uso Actual	Foto
2	El Reflejo	Villarodas, Obando	Ganadería	 <p data-bbox="1015 667 1243 699">Fecha: 12-oct-2021</p>
3	Soledad	Villarodas, Obando	Ganadería	 <p data-bbox="1015 976 1243 1008">Fecha: 12-oct-2021</p>
4	La Porfia	Buenos Aires, Obando	Ganadería	 <p data-bbox="1015 1281 1243 1312">Fecha: 12-oct-2021</p>
5	La Esperanza	Villarodas, Obando	Café	 <p data-bbox="1015 1770 1243 1801">Fecha: 12-oct-2021</p>

Nº	Predio	Vereda	Uso Actual	Foto
6	La Ilusión	Villarodas, Obando	Café - Plátano	 <p data-bbox="1015 667 1243 699">Fecha: 12-oct-2021</p>
7	El Bosque	Villarodas, Obando	Café	 <p data-bbox="1015 1066 1243 1098">Fecha: 12-oct-2021</p>
8	Villa Fabi	Puerto Samaria, Obando	Ganadería	 <p data-bbox="1015 1371 1243 1402">Fecha: 19-oct-2021</p>
9	Nacayna	El Chuzo, Obando	Ganadería	 <p data-bbox="1015 1738 1243 1770">Fecha: 10-dic-2021</p>



Nº	Predio	Vereda	Uso Actual	Foto
10	La Alpina	Riveralta, La Victoria	Ganadería	 <p data-bbox="1019 667 1235 695">Fecha: 4-oct-2021</p>
11	Magallanes	Riveralta, La Victoria	Ganadería	 <p data-bbox="1019 940 1235 968">Fecha: 4-oct-2021</p>
12	Hacienda Guayaquil	Taguales, La Victoria	Ganadería	 <p data-bbox="1019 1318 1235 1346">Fecha: 20-oct-2021</p>
13	La Esperanza	Taguales, La Victoria	Ganadería	 <p data-bbox="1019 1623 1235 1650">Fecha: 30-oct-2021</p>




Nº	Predio	Vereda	Uso Actual	Foto
14	La Esmeralda	Taguales, La Victoria	Ganadería	 <p>Fecha: 30-oct-2021</p>
15	La Pintura	Taguales, La Victoria	Ganadería	 <p>Fecha: 5-nov-2021</p>
16	Agropecuaria la Cumbre	Riveralta, La Victoria	Cítricos	 <p>Fecha: 4-oct-2021</p>
17	Cítricos Rubiela	Taguales, La Victoria	Cítricos	 <p>Fecha: 20-oct-2021</p>
18	El Vergel	Taguales, La Victoria	Plátano, Café, Mango, Cacao y Cítricos	 <p>Fecha: 20-nov-2021</p>




Nº	Predio	Vereda	Uso Actual	Foto


Respecto al componente hídrico, se identificaron las siguientes quebradas y nacimientos, en los municipios Obando y La Victoria (Tabla 14):

Tabla 14. Quebradas y nacimientos identificados en las verederos Villarodas, Buenos Aires, Taguales y Riveralta.

Quebrada	Vereda, Municipio	Predio	Fotografía
a. Los Indios	Villarodas, Obando	Soledad (Potosí)	 <p>Fecha: 29-sep-2021</p>
b. Resplandores	Villarodas, Obando	El Reflejo (Potosí)	 <p>Fecha: 29-sep-2021</p>

Quebrada	Vereda, Municipio	Predio	Fotografía
c. Dos Quebradas	Villarodas, Obando	Potosí	 <p data-bbox="1003 789 1214 810">Fecha: 29-sep-2021</p>
d. Manabí	Villarodas, Obando	-	 <p data-bbox="1003 1325 1214 1346">Fecha: 12-oct-2021</p>
e. El Grandillo	Puerto Samaria, Obando	Villa Fabi	 <p data-bbox="1003 1850 1214 1871">Fecha: 19-oct-2021</p>

Quebrada	Vereda, Municipio	Predio	Fotografía
f. San Miguel	Taguales, La Victoria	San Miguel	 <p data-bbox="1003 758 1214 785">Fecha: 29-nov-2021</p>
g. La Pobreza	Riveralta, La Victoria	La Alpina	 <p data-bbox="1003 1089 1214 1117">Fecha: 30-nov-2021</p>
h. El Loro	Riveralta, La Victoria	La Esperanza	 <p data-bbox="1003 1583 1214 1610">Fecha: 30-oct-2021</p>

Quebrada	Vereda, Municipio	Predio	Fotografía
i. Nacimiento La Cumbre	Riveralta, La Victoria	Agropecuaria La Cumbre	 <p>Fecha: 30-nov-2021</p>
j. Nacimiento Cueva Loca	Riveralta, La Victoria	La Esperanza	 <p>Fecha: 10-oct-2021</p>
k. Nacimiento Chacha Drua	El Chuzo, Obando	La Cristalina	 <p>Fecha: 10-nov-2021</p>
l. Nacimiento Kima Drua	El Chuzo, Obando	Kima Drua	 <p>Fecha: 10-nov-2021</p>

3.2.2 Georreferenciación de sitios priorizados

En la Figura 34 se presentan los predios identificados en las salidas de campo realizadas, los predios fueron enumerados en el mapa (del 1 al 18) y relacionados con la Tabla 15. A los puntos georreferenciados de las quebradas se les dio un consecutivo en letra (de la a- l) y se relacionaron en la Tabla 14.

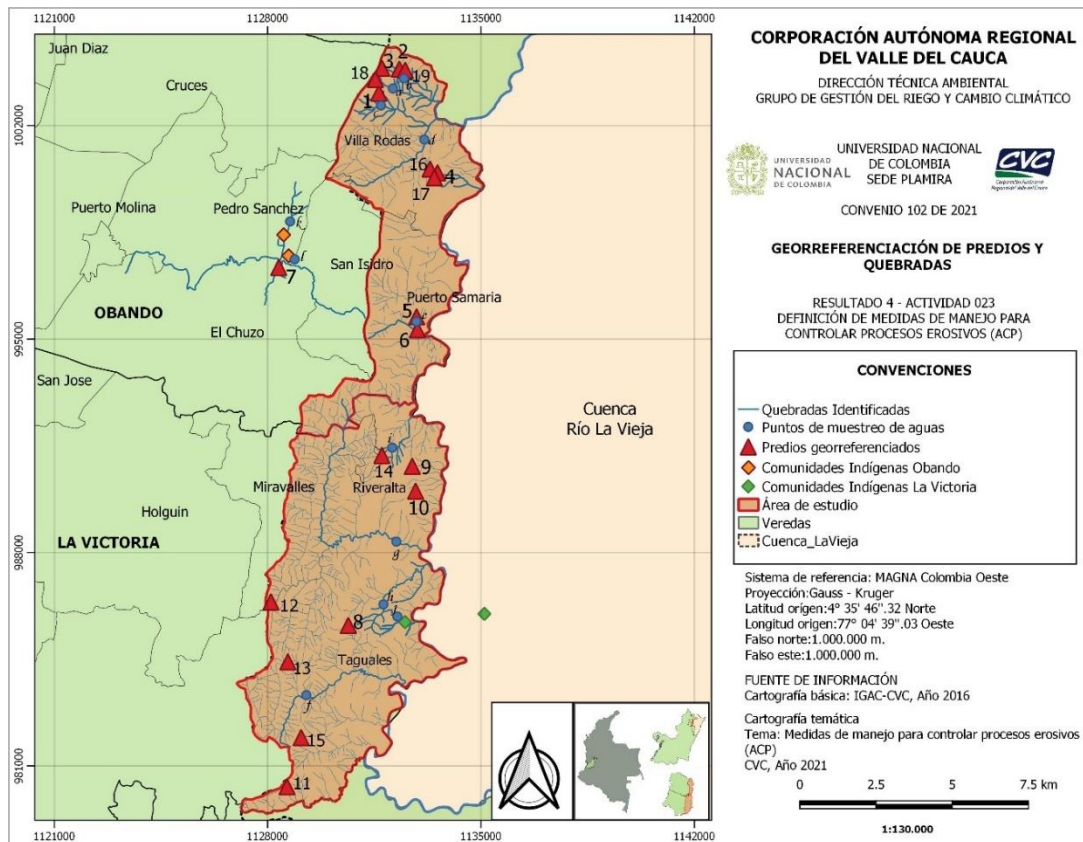


Figura 33. Mapa de localización general de predios del área de estudio.
Fuente: Cartografía básica IGAC-CVC, 2016

En la Tabla 15. se presenta información de los predios identificados, recolectada a partir de cartografía revisada.

Tabla 15. Información de suelos, recopilada para los predios identificados
Fuente: Elaboración propia

Predio	Vereda	Uso de suelo	UCS	% Área representativa de la UCS	Uso Recomendado (2015)	Pendientes según UCS (%)	Procesos erosivos observados
1. Potosí	Villarodas	Ganadería	MQSR-D	15	7p-1	25-50; 50-75	Pata de vaca y suelo desnudo
2. El Reflejo	Villarodas		MQSR-F	14	7p-1	50-75	
3. Soledad	Villarodas		MQSR-D	15	6p-1	25-50	
4. La Porfia	Buenos Aires		MQSS-A	5.1	6p-1	25-50	

Predio	Vereda	Uso de suelo	UCS	% Área representativa de la UCS	Uso Recomendado (2015)	Pendientes según UCS (%)	Procesos erosivos observados
5. Villa Fabi	Puerto Samaria		MQSS-B	28	6p-1	25-50	
6. Sr Omar Alzate	Puerto Samaria		MVSS-A	3.2	6p-1	25-50	
7. La Nacayna	El Chuzo		MQSR-F	14	6ps-2	25-50	
8. La Esmeralda	Taguales		MQSS-B	18	6p-3	25-50	
9. Magallanes	Riveralta		MQTS-B	15.5	6p-1	25-50	
10. La Alpina	Riveralta		MQTR-D	10	6p-1	25-50	
11. Guayaquil	Taguales		MQSS-B	18	7p-1	50-75	
12. La Pintura	Taguales		MQHS-A	2.14	6p-1	25-50	
13. El Vergel	Taguales	Cultivos	MQSR-F	37	7p-1	50-75	No se observaron
14. Agropecuaria la Cumbre	Riveralta		MQSS-A	2.63	6p-1	25-50	
15. Cítricos Rubiela	Taguales		MQSS-B	18	6p-1	25-50	Volcamiento de plantas
16. La Esperanza	Buenos Aires		MQSS-A	5.1	6p-1	25-50	No se observaron
17. La Ilusión	Buenos Aires		MQSS-A	5.1	6p-1	25-50	
18. El Bosque	Villarodas		MQSR-D	15	7p-1	50-75	Deslizamiento s- suelo desnudo
19. La Palma	Villarodas		MQSR-D	15	6p-1	25-50	

En la Tabla 15 se presenta un resumen por predio, de las unidades cartográficas, las pendientes y los usos recomendados, basados en las Tablas 1 y 2 presentadas en el apartado 3.2.2 (Línea base del área de estudio). Los procesos erosivos se identificaron mediante inspección en las visitas de reconocimiento realizadas.

Según la Tabla 15, las fincas identificadas se ubicaron en los grupos 7p-1, 6p-1 y 6p-s los cuales se describen a continuación:

6p-1. Establecimiento de sistemas que involucran el desarrollo asociado de actividades agrícolas (cultivos transitorios), forestales (bosque productor) y ganaderas (semi-intensiva). Se recomienda la siembra en curvas a nivel y el mantenimiento de coberturas.

7p-1. Conservación y preservación de los recursos naturales, conservación de los bosques nativos, recuperación de las zonas afectadas por erosión ligera, protección de los recursos hídricos

6ps-2. Tierras aptas para cultivos perennes, forestales, agroforestales, sistemas silvopastoriles, ganadería extensiva con pastos mejorados evitando el sobrepastoreo. Obras para mitigar las aguas de escorrentía, programas de recuperación de las zonas afectadas por los procesos erosivos

6p-3. Tierras aptas para sistemas silvopastoriles con el establecimiento bosques-pastos y bosques protectores-productores


Teniendo en cuenta que las características contrastantes de los suelos entre las fincas identificadas, el área representativa de la UCS y las vías de acceso a los predios identificados, en el municipio de Obando se priorizan los predios **Potosí, El Reflejo, La Porfía, Villa Fabi y La Nacayna** (cerca al territorio de las comunidades indígenas) para realizar muestreo de suelos destinados a ganadería; y los predios **La Palma y la Esperanza** para muestreos de suelos destinados a cultivos, en este caso de café.




En el municipio de la Victoria se priorizan los predios **La Alpina, Magallanes y La Esmeralda** para muestreo de suelos destinados a ganadería; y los predios **Agropecuaria La Cumbre, Cítricos la Rubiela**, con cultivo de cítricos.

3.2.3 Evaluación de propiedades físicas y químicas del suelo y agua en zonas priorizadas.




En la Tabla 16 se presentan los predios muestreados con sus respectivas fechas de muestreo y fotografías.



Tabla 16. Predios muestreados en el municipio de Obando, Valle del Cauca, Cuenca Río La Vieja
Fuente: Elaboración propia

Fecha	Finca	Uso actual	Vereda-municipio	Foto
Nov-24-2021	Potosí	Ganadería	Villa Rodas-Obando	

Fecha	Finca	Uso actual	Vereda- municipio	Foto
Nov-25-2021	La Porfia	Ganadería	Buenos aires- Obando	
Nov-24-2021	El Reflejo	Ganadería	Villa Rodas- Obando	
Nov-17-2021	Villa Fabi	Ganadería	Puerto samaria- Obando	

Fecha	Finca	Uso actual	Vereda- municipio	Foto
Dic-10-2021	Nacayna	Ganadería	El chuzo- Obando	
Nov-24-2021	La Palma	Cultivo-Café y Plátano	Villa Rodas- Obando	
Nov-25-2021	La Esperanza	Cultivo-Café y Plátano	Buenos aires- Obando	

Fecha	Finca	Uso actual	Vereda-municipio	Foto
Nov-29-2021	La Esmeralda	Ganadería	Taguales-La Victoria	
Nov-10-2021	La Alpina	Ganadería	Riveralta-La Victoria	
Nov-10-2021	Magallanes	Ganadería	Riveralta-La Victoria	

Fecha	Finca	Uso actual	Vereda-municipio	Foto
Nov-30-2021	La Rubiela	Cultivo-Cítricos	Taguales-La Victoria	
Nov-9-2021	Agropecuaria la Cumbre	Cultivo-Cítricos	Riveralta-La Victoria	

Por otra parte, para el muestreo de agua se priorizaron las quebradas **Manabí, Resplandores, Los Indios, Dosquebradas, El Grandillo**, en el municipio de Obando, y las quebradas **La Pobreza, San Miguel, El Loro, Nacimiento La Cumbre** y los **nacimientos** de las tres comunidades indígenas.

Resultados de laboratorio

Los resultados de laboratorio, con las propiedades de suelos, agua y foliares evaluadas, se presentan como anexos en el siguiente orden:

Anexo 4: CIAT - propiedades físicas de suelo

Anexo 5: AGROSAVIA - análisis químico de suelos

Anexo 6: AGROSAVIA - análisis de agua

Anexo 7: AGROSAVIA - análisis foliar

A continuación, se presenta un resumen de lo encontrado en los análisis realizados. El análisis completo de las propiedades físicas y químicas de los suelos se presenta en el apartado 6 (Análisis de resultados obtenidos)

Suelos destinados a ganadería

Análisis físicos

Dentro de los análisis físicos, se encontró que a profundidades de 0 – 25cm, los suelos del área de estudio presentaron texturas francas, franco arcillosas, arcillosas y arcillo limosas y en algunas condiciones de suelo desnudo, se encontraron texturas limosas. Porosidad total alta (32-74%), retención de humedad muy alta (microporos entre 23-56%), sin embargo, se encontraron bajos porcentajes de macro y mesoporos (< del 28 y 8%, respectivamente), los cuales están relacionados con el movimiento y distribución de agua en el suelo.

De manera general, los valores de conductividad hidráulica saturada (Ks) fueron bajos, situándose en las categorías de muy lenta a moderada (Tabla 30) a excepción de algunas fincas, donde se encontraron categorías de Ks moderada a muy alta.

En lo que respecta a la densidad aparente, se encontraron valores de 0.63 a 1.78 g/cm³; valores <1g/cm³ se encontraron en las fincas Potosí y el Reflejo, en el municipio de Obando y en la finca La Esmeralda en La Victoria. Valores de densidad aparente por encima de 1.4 g/cm³ se relacionaron con niveles de compactación en los suelos, teniendo en cuenta las texturas encontradas.

Análisis químicos

Los análisis químicos en los suelos evaluados indicaron valores de pH entre Moderadamente ácido y neutro, materia orgánica entre 1.2 y 7%; niveles de fósforo bajos (<10p.p.m) a excepción de un punto de muestreo tomado en suelo desnudo en la finca Villa Fabi, Obando donde se encontraron valores muy altos (>40p.p.m).

Respecto a la CICE, en general, se encontraron rangos de media a alta (10 a >20 cmol(+)/kg), a excepción de las fincas Potosí y El Reflejo donde se encontraron valores bajos (<10 cmol(+)/kg). El mismo comportamiento se encontró con los contenidos de Calcio y Magnesio, donde sus contenidos fueron altos (> 6 y > 2.5 cmol(+)/kg respectivamente) en la mayoría de las fincas, y los valores más bajos se encontraron en las fincas Potosí y El Reflejo.

Por último, los valores de conductividad eléctrica no indicaron niveles de salinidad, ni se encontraron restricciones por acidez ni aluminio intercambiable.

Suelos destinados a cultivos

Análisis físicos

Dentro de los análisis físicos, se encontró que a profundidades de 0 – 25cm, los suelos del área de estudio, destinados a cultivos de cítricos y café, presentaron texturas arcillosas y

franco arcillosas. Porosidad total alta (40-63%), retención de humedad muy alta (microporos entre 31-53%), sin embargo, se encontraron bajos porcentajes de macro y mesoporos (< del 16 y 6%, respectivamente), los cuales están relacionados con el movimiento y distribución de agua en el suelo.

De manera general, los valores de conductividad hidráulica saturada (Ks) fueron bajos, situándose en las categorías de muy lenta a moderada (Tabla 31).

En lo que respecta a la densidad aparente, se encontraron valores de 0.89 a 1.52 g/cm³; valores <1g/cm³ se encontraron en la finca La Esperanza, con cultivo de café en el municipio de Obando. Valores de densidad aparente por encima de 1.4 g/cm³ se relacionaron con niveles de compactación en los suelos, teniendo en cuenta las texturas encontradas, estos valores altos de densidad aparente se encontraron en la finca La Palma, con cultivo de café, en el municipio de Obando.

Análisis químicos

Los análisis químicos en los suelos evaluados indicaron valores de pH entre fuerte y ligeramente ácido, materia orgánica entre 1.8 y 5.2%; niveles de fósforo bajos (<10p.p.m) a excepción de las muestras tomadas en el rango de pendiente bajo (<12%) en la finca Agropecuaria La Cumbre (cítricos), La Victoria donde se encontraron valores muy altos (>40p.p.m).

Respecto a la CICE, en general, se encontraron rangos de baja a media (<10 a 20 cmol(+)/kg). Los contenidos de Calcio oscilaron entre medio y alto (3 a > 6 cmol(+)/kg), a excepción de la finca Agropecuaria La Cumbre (cítricos), donde todos los puntos de muestreo presentaron valores altos (> 6 cmol(+)/kg). El Magnesio en general fue alto (>2.5 cmol(+)/kg), a excepción de la finca La Esperanza (café), donde se encontraron valores medios y bajos (1.5 a 2.5 cmol(+)/kg).

Por último, los valores de conductividad eléctrica no indicaron niveles de salinidad, ni se encontraron limitaciones por sodio, por acidez ni aluminio intercambiable. Sólo en algunos puntos de muestreo en la finca La Palma se encontraron restricciones por el contenido de aluminio intercambiable >2 cmol(+)/kg.

Para el análisis de las propiedades físicas y químicas de suelo se tomó como referencia el manual de asistencia técnica *Fertilización en diversos cultivos* (ICA, 1992).

Análisis foliar

Los resultados obtenidos del análisis foliar, se presenta en el **Anexo 7**, con categorías de alto, adecuado y bajo según los rangos encontrados para cada cultivo. En las Tabla 17 se presentan los rangos óptimos para pastos, café y cítricos, respectivamente.

Tabla 17. Contenido de minerales óptimos para cultivos de café, cítricos y pastos.
Fuente: Elaboración propia

Valor adecuados de minerales en las hojas para cultivos de café, cítricos y pastos											
Cultivos	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Café	2.36-2.78	0.14-0.20	1.58-2.15	0.75-1.29	0.18-0.45	0.15-0.19	29-55	54-121	106-278	6--12	8--17
Cítricos	2.4-2.6	0.12-0.15	0.7-1.1	3.0-5.5	0.26-0.6	0.2-0.3	31-100	60-100	25-200	25-100	25-101
Pastos	2.2-4	0.25-0.60	1.8-3	0.25-0.50	0.13-0.30	0.18-0.50	0.13-0.30	5-350	25-300	20-50	5--25

Análisis de agua

Agua para consumo

Los datos de los análisis químicos de las diferentes quebradas y nacimientos evaluados mostraron valores normales con respecto a los permisibles para aguas de consumo humano según la resolución 2115 del 2007 de los Ministerios De Protección Social y De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano".

Por otra parte, los análisis microbiológicos indican que todas la quebradas y nacimientos evaluados mostraron presencia de bacteria E.coli y coliformes totales. En este sentido, la resolución 2115 del 2007 menciona que no debe haber presencia de dichas bacterias en el agua destinada para consumo humano.

Sin embargo, teniendo en cuenta que las muestras fueron tomadas de cuerpos de agua superficiales, se consultó el decreto 1076 del 2015 del Sector De Ambiente y Desarrollo, el cual señala que, en estos casos, donde la captación se realiza directamente de cuerpos de agua, es necesario un tratamiento convencional si los valores de coliformes totales esta entre 2.000 y 20.000 UFC/100ml y un tratamiento de solo desinfección si el valor es de 1.000 UFC/100ml.

En el caso de las comunidades indígenas, las comunidades Cueva Loca y Kima Drua presentaron valores de Coliformes de 100 y 400 UFC/100ml, respectivamente, mientras que la comunidad Chacha Drua presentó un valor de 17050 UFC/100ml.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el agua tomada de los nacimientos de las comunidades indígenas es necesario hacer un tratamiento de desinfección; de acuerdo con el ministerio de salud, este tratamiento consiste en hervir el agua durante, por lo menos, 1 minuto desde que empiece a ebulir.

En el caso de la comunidad Chacha Drua, donde el valor de coliformes fue más alto, se recomienda hacer el mismo proceso de desinfección por un periodo más prolongado, para asegurar la eliminación de las bacterias.

En la Tabla 18 se presentan los análisis obtenidos para los nacimientos de las comunidades indígenas y los valores máximos permisibles para aguas de consumo humano, según la resolución 2115 del 2007.

Tabla 18. Análisis de agua de los nacimientos de las comunidades indígenas.

Parámetro	Unidades	Valores encontrados			Valor Max. Permissible
		Cueva Loca	Kima Drua	Chacha Drua	Agua consumo humano- Resolución 2115 del 2007
Dureza	mg/l de CaCO ₃	119,65	92,75	105,17	300
pH		6,72	7,91	7,18	6,5 - 9
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	0,31	0,34	0,47	1
Calcio (Ca ²⁺)	meq/l	1,38	1,52	1,47	3
Magnesio (Mg ²⁺)	meq/l	1,02	0,33	0,63	2,96
Cloruros (Cl ⁻)	meq/l	0	0,04	0,19	7,04
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	meq/l	0,06	2,02	3,46	7,04
Fosfatos (PO ₄ [≡])	mg/l	<0,20	<0,20	<0,20	0,5
Hierro (Fe)	mg/l	<0,50	<0,50	<0,50	0,3
E.coli	UFC/100ml	<100	<100	50	0
Coliformes	UFC/100ml	100	400	17,050	0
Relación de adsorción de sodio (RAS)	mg/l	0,44	0,87	1,62	
Sólidos totales disueltos (TDS)	mg/l	218,31	0,24	0,33	
Boro (B)	mg/l	0,03	0,1	0,1	
Potasio (K ⁺)	meq/l	0,02	0	0,01	
Sodio (Na ⁺)	meq/l	0,48	0,84	1,66	
Carbonatos (CO ₃ ⁼)	meq/l	0	0	0	
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	meq/l	1,27	1,99	2,51	

Agua para riego

De manera general, en el diagnóstico de los análisis de agua no se encontraron limitaciones para riego, sin embargo, se sugiere el uso de reguladores de pH en las quebradas Los Indios, Resplandores, el Grandillo y Nacimiento Kima Drua presentes en el municipio de Obando siempre y cuando el agua vaya a ser empleada en la aplicación de agroquímicos vía foliar. El análisis químico completo, enviado por el laboratorio Agrosavia se presenta en el **Anexo 6**.

4. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO EN ÁREAS PRIORIZADAS

Actividad

c. Realizar la estimación de pérdida de suelos en las áreas priorizadas teniendo en cuenta los impactos y uso de suelos.

4.1 Metodología

4.1.1 Modelo de Erosión: Ecuación Universal de pérdidas del suelo-USLE

La Ecuación Universal de Pérdida de suelo (USLE, por sus siglas en inglés) es ampliamente utilizada a nivel mundial (Alarcón Muriel & Reyes Trujillo, 2013; Cocuyame & Salazar Quintero, 2015; Mancilla Escobar, 2008; Ramirez-Ortiz & Hicapié-Gomez, Edgar Sadeghian-Khalajabadi, 2009) y se define a partir de la siguiente expresión:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde,

A: Pérdida de suelo media anual [Ton/ha-año]

R: Erosividad de la lluvia [MJ-cm/ha-hr]

K: Erodabilidad del suelo [ton-ha-hr/MJ-ha-cm]

L*S: Factor longitud-pendiente

C: Cobertura vegetal

P: Prácticas de conservación

Esta ecuación se utilizó para estimar la pérdida de suelo en fincas ganaderas en diferentes grados de erosión y en fincas con cultivos de cítricos y café en diferentes rangos de pendiente.

Factor R

Análisis de registros de precipitación para el cálculo de R

Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó información de las 11 estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio; según el nivel de detalle de los registros de las estaciones pluviométricas (8 convencionales) y/o pluviográficas (3 automáticas), se definió el periodo de estudio y la metodología acorde para determinar el factor R.

Existen diferentes métodos para determinar el Factor R, el primero propuesto en la USLE por Wischmeier y Smith (1978), en este caso llamado **USLE-EI30**, requiere registros de precipitación de varios años (Panagos et al., 2016; Rutebuka et al., 2020), así como un buen nivel de detalle y muy bajo porcentaje de datos faltantes, de tal manera que sea posible observar las variaciones de intensidad de precipitación a lo largo de cada evento; sin embargo, en muchas ocasiones la disponibilidad de esta información es escasa, motivo

por el cual se han desarrollado métodos alternativos para definir el R de una manera simple y aplicable a condiciones regionales.

De esta manera, surge un segundo método propuesto por Ramírez-Ortiz et al. (2007), en este caso llamado **EI30cor**, desarrollado para la zona cafetera de la región andina; en este caso el factor R se determina a partir del Índice Modificado de Fournier (IMF), para el cual se requieren registros mensuales de precipitación.

A nivel del Valle del Cauca, en el estudio “*Evaluación de modelos para estimar la erosividad de la lluvia en el Valle del Cauca, Colombia*” se encontró una correlación significativa entre el USLE-EI30 y el IMF anual, generando un modelo ajustado para determinar el factor R a partir de registros mensuales de precipitación (**Calero, Martínez & Menjívar, 2021**), en este caso, este tercer método fue llamado **EI30_{vc}**.

Dado lo anterior, fue necesario revisar de la información disponible y los intervalos de registro de cada estación.

Método USLE-EI30

El método para determinar el factor R propuesto en la USLE por Wischmeier y Smith (1978), permite dimensionar la agresividad con que la lluvia influye en el proceso de degradación de un suelo por erosión hídrica (Mancilla Escobar, 2008).

Para esta metodología se requieren registros de estaciones pluviográficas, que permitan analizar eventos de precipitación registros con alto nivel de detalle (cada 10 minutos), con un registro mayor o igual a 12.7 mm, y separados por al menos seis horas (los eventos con estas características se consideran eventos erosivos).

Teniendo en cuenta que en este caso no se encuentran disponibles los registros de la banda pluviográfica, sino la precipitación acumulada en 10 minutos, se propuso utilizar este intervalo para determinar la intensidad de precipitación media (IM) requerida en el cálculo de la energía cinética (e) por cada mm de lluvia, basado en la siguiente ecuación:

$$e = 0.119 + 0.0873 * \log IM$$

Una vez se obtuvo la energía total en cada intervalo de 10 minutos, se calculó la energía total multiplicando el valor de e por la precipitación registrada en dicho intervalo.

$$E_i = e * Pt$$

Para obtener la energía total de la tormenta (E) se sumaron las energías para cada intervalo de 10 minutos:

$$E = \sum_1^n E_i$$

A continuación, se procedió a determinar la intensidad máxima en 30 minutos del evento de precipitación (I30) y se efectuó el producto (E*I30), lo cual constituye la erosividad total de la tormenta considerada. Finalmente, se determinó el factor R a partir de la sumatoria de la erosividad de cada una de las tormentas consideradas en el año:

$$R = \sum_{i=1}^m (EI_{30})_i$$

El valor de Factor R generalizado para cada estación se determinó como el promedio de los R calculado para cada año, por cada estación. Según expertos en el tema como el Dr. Horacio Rivera, sugieren tener por lo menos 5 años de registros continuos, con un intervalo de 10 minutos, para obtener un valor de R confiable para el área de estudio.

Los valores de **USLE-EI30** obtenidos se clasificaron según los rangos propuestos por Rivera et al. (1991) citados por Ramírez-Ortiz et al. (2007) y Guio-Martínez et al. (2015), los cuales se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Clasificación de la erosividad propuesta por Rivera y Gómez (1991).
Fuente: Ramírez-Ortiz et al. (2007)

Clase	Erosividad R (Mj.mm.ha ⁻¹)	Clasificación
1	<1.000	Natural
2	1.000-2.500	Muy baja
3	2.500-5.000	Baja
4	5.000-7.500	Moderada
5	7.500-10.000	Alta
6	10.000-15.000	Muy alta
7	15.000-20.000	Severa
8	>20.000	Extremadamente severa

Método de correlación propuesto por Ramírez-Ortiz et al. (2007) - *EI30cor*.

Como se mencionó anteriormente, este método permite estimar el factor R a partir del Índice Modificado de Fournier (IMF) mensual, basado en una ecuación validada para las condiciones pluviométricas de la zona cafetera central del departamento de Caldas (Ramírez-Ortiz et al., 2007). La ecuación para su cálculo se presenta a continuación:

$$EI_{30cor} = \sum_1^{12} 38,4(IMF) + 28,3$$

El IMF fue desarrollado por Arnoldus (1977), y se basa en la sumatoria de las precipitaciones mensuales en relación con la precipitación total del correspondiente año (Fernández et al., 2020).

De esta manera, para determinar el IMF, se utilizaron registros mensuales de precipitación de las 11 estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio (Figura 8), siguiendo la ecuación:

$$IMF = \sum_1^{12} \frac{p_i^2}{P}$$

Donde p_i es la precipitación mensual del mes “i” y va de enero a diciembre del año correspondiente.

En este caso, nuevamente valores de R obtenidos fueron clasificados de acuerdo con los rangos propuestos por Rivera y Gómez (1991) (Tabla 16).

Método de correlación propuesto para el Valle del Cauca - EI_{30vc} (Calero, Martínez & Menjívar, 2021)

De manera similar al método **EI_{30cor}** , el método **EI_{30vc}** permite estimar el factor R a partir del IMF anual, basado en un modelo ajustado para la zona piñera del Valle del Cauca (Calero, Martínez & Menjívar, 2021). La ecuación para su cálculo se presenta a continuación:

$$EI_{30vc} = 20.97 (IMF) - 389.04$$

De acuerdo con lo anterior y según las estaciones disponibles en el área de estudio (Figura 8), para el método **USLE- EI_{30}** sólo fue posible analizar el registro de 3 estaciones pluviográficas, mientras que para los métodos de correlación **EI_{30cor} y EI_{30vc}** , se analizó el registro de 11 estaciones incluyendo tanto estaciones pluviográficas como pluviométricas.

5.1.2 Factor K

De acuerdo con Mancilla Escobar (2008), la USLE establece una ecuación para determinar el factor K, de la forma:

$$K = 1.313 * [2.1 * 10^{-4} * (12 - MO) * M^{1.14} + 3.25 * (s - 2) + 2.5 * (p - 3)]/100$$

Donde,

- ✚ K: Factor de erodabilidad [t. ha.h/MJ.ha.mm]
- ✚ MO: Materia orgánica [%], determinada en laboratorio por el método de Walkley – Black. Según la metodología USLE, el porcentaje de MO oscila entre 0 y 4% con valores enteros, teniendo en cuenta que, si el contenido fijado es mayor al rango especificado, se asume un valor del 4%.
- ✚ p: código de permeabilidad, la cual se asume como el valor de conductividad hidráulica saturada (K_s) determinada en laboratorio por el método de cabeza constante. Según la metodología USLE, se asignan 6 códigos diferentes de acuerdo con la permeabilidad de un suelo determinada, como se presenta a continuación:

Tabla 20. Categoría permeabilidad

Fuente: (Mancilla Escobar, 2008)

Código USLE	Categoría de permeabilidad del suelo
1	Rápida (>12,7 cm/hr)
2	Moderada a rápida (6,3 a 12,7 cm/hr)
3	Moderada (2 a 6,3 cm/hr)
4	Lenta a moderada (0,5 a 2 cm/hr)
5	Lenta (0,13 a 0,5 cm/hr)
6	Muy Lenta (<0,13 cm/hr)

✚ s: código estructura del suelo, Su determinación se efectúa mediante observación en campo; según USLE, las categorías y códigos empleados se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 21. Tipo de estructura del suelo

Fuente: (Mancilla Escobar, 2008)

Código USLE	Tipo de estructura del suelo
1	Granular muy fina
2	Granular fina
3	Granular media a gruesa
4	Bloques, laminar, masiva.

✚ M: Factor limo, arena y arcilla: determinada en laboratorio por el método de la pipeta, para conocer los porcentajes de arena, limo, arcilla y arenas muy finas (entre 0,05 y 0,1mm); se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$M = (\%Limo + \%arena\ muy\ fina) * (100 - \%arcilla)$$

Finalmente, los valores de K obtenidos se clasificaron según los rangos propuestos por USDA (1962), los cuales se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Clasificación de la erodabilidad propuesta por USDA (1962).

Fuente: USDA (1962).

Valor de K (t. ha. h. MJ ⁻¹ mm ⁻¹ ha ⁻¹)	Clasificación
< 0.0775	Muy poco erodable
0.0775- 0.1680	Débilmente erodable
0.1680-0.3230	Medianamente erodable
0.3230-0.6784	Fuertemente erodable
0.6784-1	Extremadamente erodable

En este caso, el factor erodabilidad se determinó para 8 fincas ganaderas y 4 fincas con cultivos de café y cítricos.

Factor LS

Dada la topografía accidentada del área de estudio, para el caso del factor LS, se utilizó la ecuación propuesta por la Universidad de Valencia (1995) y empleada por CVC en el documento *Pérdida Máxima De Suelo* (GEOCVC, 2018)

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.6} \right)^{0.6} * \left(\frac{S}{9} \right)^{1.4}$$

Donde LS es el factor de longitud de la pendiente (sin unidades), λ es la longitud de la pendiente (m), y S es la pendiente expresada en porcentaje.

Cabe resaltar que en esta actividad se asumió una longitud de pendiente unitaria ($\lambda=1$), con el fin de estandarizar el factor LS y ver más claro el efecto de S, pues λ es muy variable en las laderas, y no se tendría una relación única y directa entre el factor LS y la inclinación de la pendiente.

Además, según la literatura consultada, la pérdida de suelo aumenta más rápidamente con la inclinación de la pendiente que con su longitud (Wischmeier y Smith, 1978).

Factores C y P

El **factor de cobertura (C)** se define como factor de "Manejo de cultivos". Para determinar el valor del factor C existen diferentes tablas como las que se presentan a continuación:

Tabla 23. Valores del factor C propuestos por ROOSE, 1977
Tomado de: GEOCVC, 2018

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA	VALOR C ANUAL REPRESENTATIVO
Cultivo limpio	1.0
Bosque o sistema de cultivo con alta paja de mulch	0.001
Pasto sin uso	0.01
Cubierta cultivo (planta crecimiento lento)	
- Primer año	0.3 - 0.8
- Segundo año	0.1
Cubierta cultivos (crecimiento rápido)	0.1
Maíz, Sorgo, Millo	0.3 - 0.9
Arroz (cultivo intensivo, segundo período de cultivo)	0.1 - 0.2
Algodón, Tabaco (segundo período de cultivo)	0.5
Groundnut (nuez de tierra)	0.4 - 0.8
Yuca (primer año)	0.2 - 0.8
Palma, Café, Cacao (con cubierta cultivo)	0.1 - 0.3

Tabla 24. Valores del Factor C para pendientes mayores al 25%, publicados por la USDA.
Tomado de: GEOCVC, 2018

TIPO DE COBERTURA	FACTOR C	REDUCCIÓN DE PERDIDA DE SUELOS %
Desnudo (barbecho)	1.00	0
Vegetación nativa (sin disturbar)	0.01	99
CULTIVOS TEMPORALES:		
- 90 % cobertura, pastos anuales, sin mulch	0.10	90
- Mulch con fibra de madera, 3/4 ton/acre (1.7 ton/ha), con semilla*	0.50	50
Colchón sobresaliente, proyección*	0.30	70
MULCH DE PAJA		
- 1.5 ton/acre (3.4 ton/ha), unida abajo	0.20	80
- 4 ton/acre (9 ton/ha), unida abajo	0.05	95

Tabla 25. Valores del factor C propuestos por ROOSE, 1977
Tomado de: GEOCVC, 2018

COBERTURA	FACTOR C * CUBIERTA Y MANEJO	REDUCCIÓN DE PERDIDA DE SUELOS %
Suelo desnudo	1.0	0
Cultivo de frijol	0.3 – 0.9	50
Césped natural	0.01	90
Bosque de pino	0.001	99

Sin embargo, la capa temática de cobertura de suelo IGAC-CVC actualizada para el año 2015, cuenta con valores del Factor C determinado para las coberturas del área de estudio, por tanto, los valores de Factor C presentados en la Tabla 26 son los que se tuvieron en cuenta en el resultado R4A023.

Tabla 26. Factor C obtenido para las coberturas priorizadas.
Fuente: Adaptado de IGAC-CVC, 2015

Cobertura	Factor C
Suelo desnudo	1.0
Pastos	0.1
Cítricos	0.166
Café y plátano	0.3

Para el factor C en la cobertura de pastos con procesos erosivos de pata de vaca, se propone asumir una cobertura del 50%, punto medio entre los pastos con buena cobertura (90%) y suelo desnudo.

Por otra parte, el **Factor P, prácticas de conservación**, evalúa la eficacia en el control de la erosión de distintas medidas de conservación (terrazas, cultivo a nivel). A este Factor P se le asigna el valor 1 cuando no se observa ninguna práctica de conservación.

Entre las prácticas de conservación consideradas por la USLE, se encuentran la labranza y siembra en contorno, las cuales proporcionan una protección casi completa contra la

erosión de las tormentas de baja a moderada intensidad, pero poca o ninguna protección contra tormentas severas ocasionales. Los valores considerados por la USLE para la siembra en contorno se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27. Valores del factor P y límites de pendiente - longitud para contorno propuestos por Wischmeier y Smith, 1978.

Fuente: Manual de SWATUSERMAN

Pendiente del terreno (%)	P_{USLE}	Longitud Máxima (m)
1 – 2	0.60	122
3 – 5	0.50	91
6 – 8	0.50	61
9 – 12	0.60	37
13 – 16	0.70	24
17 – 20	0.80	18
21 - 25	0.90	15

Otras de las prácticas consideradas por la USLE son cultivos en fajas y terrazas en contorno, en pendientes máximas del 25%. Para estas prácticas se encuentran valores entre 0.25 y 0.9 para el Factor P.

Actualmente, en las capas temáticas IGAC-CVC no se encontró reporte del manejo de las coberturas ni de las prácticas de conservación que se realizan, asociado a la cartografía, por esta razón, para el resultado R4A023 se tuvo en cuenta lo observado en las visitas realizadas a los predios priorizados.

4.1.2 Estimación pérdida de suelo: escenarios actual y potencial

➤ Escenario actual

Para definir el escenario actual, se tuvieron en cuenta las características y condiciones identificadas en las fincas priorizadas (ganadería y cultivos) y a partir de ellas se determinaron los factores R, K, LS, C y P requeridos en el modelo de la Ecuación Universal de pérdidas del suelo-USLE, descritos en los apartados 4.1.1.

De esta manera, se estimaron las pérdidas de suelo y se relacionaron con los diferentes grados de erosión y pendiente identificados en campo.

➤ Escenario de uso potencial

Para definir el escenario de uso potencial, los factores K, R y LS se mantuvieron constantes. La variación para evaluar este escenario se realizó en el factor C, tomando como base la capa temática CVC de usos recomendados a escala 1:25.000, actualizada al año 2015 (CVC & IGAC, 2015).

➤ Definición del Factor C

Para definir los valores del Factor C en el escenario actual, se consultaron los principales limitantes y usos recomendados para los suelos del área de estudio del presente resultado

(Cuenca río La Vieja, municipios Obando y La Victoria), y se relacionaron con la información de los sitios georreferenciados y priorizados en el apartado 3.2.2.

4.2 Resultados

4.2.1 Factores para determinar la pérdida de suelo USLE

Factor R

Análisis de registros de precipitación para el cálculo de R

En el apartado 2.2.2 (Información meteorológica del área de estudio) se presentó la revisión de los intervalos de registros de las estaciones identificadas cerca al área de estudio (Tabla 3).

De acuerdo con los requerimientos de cada método propuesto para el cálculo del factor R se encontró que:

- En primera instancia, para la metodología **USLE-EI30** las 3 estaciones pluviográficas se encuentran localizadas en la zona norte del área de estudio, es decir, en el área correspondiente al municipio de Obando; en el municipio de La Victoria no se localizaron estaciones pluviográficas.

Por otra parte, no se encontró un registro continuo (cada 10 minutos) de varios años en la información disponible de estas estaciones, que permitiera realizar un cálculo confiable de R por el método **USLE-EI30**.

A pesar de lo anterior, se analizaron eventos de precipitación de las estaciones Arboleda y Pto. Alejandría para los años disponibles (1 y 3 años respectivamente).

- En lo que corresponde a los métodos **EI30cor** y **EI30**, el cálculo se realizó para los años disponibles (Tabla 5) de las 11 estaciones identificadas para el área de estudio (Figura 7). En este sentido, se encontró que los registros diarios cuentan con mayor número de registros a pesar de tener algunos datos faltantes, y se consideran significativos para determinar el IMF.

Método **USLE-EI30**

Dada la información disponible, el método **USLE-EI30** sólo se pudo utilizar en dos estaciones: Arboleda y Pto Alejandría, dada la cantidad de registros disponibles cada 10 minutos; en la Tabla 28 se presentan los valores de R obtenidos y su respectiva clasificación:

Tabla 28. Valores de R obtenidos por el método USLE-EI30

Fuente: Elaboración Propia

Estación	EI30 (MJ*mm/ha-año)						Clasificación
	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio	
Arboleda	-	-	-	-	3341.90	3341.9	Baja
Pto Alejandría	2042.87	-	1228.22	2101.76	-	1791.0	Muy Baja

A pesar de la poca cantidad de datos disponibles, estos resultados permitieron tener un primer indicio de la erosividad de la lluvia en el área de estudio, la cual se encontró en los rangos de muy baja a baja según la clasificación propuesta por Rivera y Gómez (1991).

Métodos de correlación EI30cor y EI30vc

En la Tabla 29 se presenta el IMF y la erosividad calculada a partir de los métodos **EI30cor** y **EI30vc**.

Tabla 29. Valores del factor IMF Y EI30-cor anual para cada estación meteorológica.

Fuente: Elaboración Propia

Entidad	Nombre de la estación	Altitud (msnm)	Precipitación media anual 2013-2020 (mm)	IMF	EI30cor (MJ*mm/ha-año)	Clasificación EI30cor	EI30vc (MJ*mm/ha-año)	Clasificación EI30vc
CVC	La Arboleda	1275	1813	202.5	6877.7	Moderada	3859.1	Baja
CVC	Cruces	970	1539	176.5	7116.3	Moderada	3313.3	Baja
CVC	Pto. Alejandria	962	774	123.0	5062.7	Moderada	2191.3	Muy Baja
CVC	Miravalles	1233	1545	169.8	6545.9	Moderada	3172.9	Baja
CVC	El Socorro	1025	1595	168.8	6821.1	Moderada	3152.0	Baja
CVC	Quebrada Nueva	1043	1778	199.6	8004.0	Alta	3798.2	Baja
IDEAM	Corozal	1178	1623	173.4	6998.7	Moderada	3249.0	Baja
IDEAM	Alambrado -Alert	171	1521	199.8	8010.8	Alta	3802.0	Baja
IDEAM	Obando	986	1594	172.0	6943.2	Moderada	3218.7	Baja
CENICAFÉ	Arturo Gomez	1260	1986	215.2	8603.1	Alta	4125.5	Baja
CENICAFÉ	El Agrado	1350	2068	229.4	9147.5	Alta	4422.9	Baja

Los resultados presentados en la Tabla 29 muestran que el IMF y la erosividad de la lluvia presentan una relación directamente proporcional con la precipitación media anual, pues a mayor precipitación registrada, mayores son los valores de IMF y R.

En este sentido, los valores de erosividad más altos (tanto para **EI30cor** como para **EI30vc**) se presentaron en los sectores con mayor precipitación media anual (máxima de 2068 mm en la estación “El Agrado”, en Quimbaya) y los más bajos en la zona con menor precipitación media anual (mínima de 774 mm en la estación “Pto Alejandría”, en Obando).

Según la clasificación propuesta por Rivera et al. (1991), la erosividad calculada por el método **EI30cor** presentó una categoría de moderada a alta, con valores que oscilan entre 5061.9 y 9147.5 MJ*mm/ha-año; mientras que el factor R calculado por el método **EI30vc** presentó una categoría de muy baja a baja con valores entre 2191.3 y 4422.9 MJ*mm/ha-año.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el método **USLE-EI30** (Tabla 28) determinado con valores de intensidad de precipitación para las estaciones Arboleda y Pto Alejandría, los valores de R más acordes, calculados con los métodos de correlación propuestos, fueron los obtenidos por el método **EI30vc**, pues los valores obtenidos por el método **EI30cor** se consideran muy altos en comparación con la erosividad encontrada para el área de estudio (Tabla 29).

Por lo anterior, se sugiere utilizar un valor de erosividad de **3482.3 MJ*mm/ha-año** para el área de estudio, como un valor promedio de los **EI30vc** obtenidos para las 11 estaciones evaluadas, con una desviación estándar de 605.52.

Factor K

Factor K para fincas ganaderas

En la Tabla 30 se presentan los promedios de las variables requeridas para determinar el Factor K en los diferentes grados de erosión identificados en las 8 fincas ganaderas.

Grado de erosión baja: pastos con buena cobertura

Grado de erosión media: pata de vaca

Grado de erosión alta: suelo desnudo

Los códigos de permeabilidad (p) y estructura (s) se asignaron de acuerdo con lo presentado en las Tablas 19 y 20 respectivamente.

En todos los puntos muestreados la estructura (s) del suelo identificada en campo y según el tomo CVC (2014), fue bloques subangulares, por lo que el código asignado para el factor s fue de 4.

Respecto al contenido de materia orgánica, para aquellos casos donde la MO fue mayor al 4%, se asumió dicho valor.

Tabla 30. Promedios de valores encontrados para determinar el Factor K en fincas ganaderas.

Fuente: Elaboración propia.

Finca	Vereda, municipio	Grado de erosión	Promedio de valores encontrados						Categoría Factor K
			MO (%)	MO USLE (%)	Ks (cm/h)	Código Perm. (p)	Textura	Factor K (t. ha. h/ MJ.mm.ha)	
Villa Fabi	Puerto Samaria, Obando	Baja	3.5	4	0.5	5	Arcilloso	0.3441	Fuertemente erodable
		Media	3.0	3	0.0	6	Franco arcilloso	0.3825	Fuertemente erodable
		Alta	1.4	1	0.0	6	Limoso	1.0702	Extremadamente erodable
El Reflejo	Villarodas, Obando	Baja	5.9	4	2.1	5	Arcilloso	0.3076	Medianamente erodable
		Media	5.5	4	12.8	2	Franco arcillo limoso	0.2773	Medianamente erodable
		Alta	3.0	3	8.9	3	Franco limoso	0.5077	Fuertemente erodable
Potosí	Villarodas, Obando	Baja	6.3	4	0.1	6	Franco arcilloso	0.3706	Fuertemente erodable
		Media	6.6	4	0.0	6	Franco arcilloso	0.4111	Fuertemente erodable
		Alta	3.8	4	8.0	2	Franco limoso	0.6536	Fuertemente erodable
La Porfia	Villarodas, Obando	Baja	5.4	4	0.0	6	Arcillo limoso	0.3559	Fuertemente erodable
		Media	4.1	4	0.0	6	Arcillo limoso	0.3192	Medianamente erodable
		Alta	3.5	4	0.1	6	Arcillo limoso	0.3760	Fuertemente erodable
Nacayna	El Chuzo, Obando	Baja	4.2	4	2.7	3	Franco arcilloso	0.2723	Medianamente erodable
		Media	3.1	3	4.9	4	Franco arcilloso	0.3227	Medianamente erodable
		Alta	1.9	2	0.0	6	Arcillo limoso	0.3700	Fuertemente erodable
La Alpina	Riveralta, La Victoria	Baja	5.6	4	0.6	5	Arcilloso	0.3153	Medianamente erodable
		Media	5.0	4	0.6	5	Arcilloso	0.2482	Medianamente erodable
		Alta	4.6	4	0.1	6	Arcilloso	0.2678	Medianamente erodable
Magallanes	Riveralta, La Victoria	Baja	4.8	4	0.9	5	Franco arcilloso	0.3044	Medianamente erodable
		Media	4.1	4	0.3	5	Arcilloso	0.2953	Medianamente erodable
		Alta	3.5	4	0.0	6	Arcilloso	0.3265	Fuertemente erodable
La Esmeralda	Taguales, La Victoria	Baja	6.4	4	0.3	5	Franco arcilloso	0.3262	Fuertemente erodable
		Media	3.7	4	1.4	5	Franco arcilloso	0.4040	Fuertemente erodable
		Alta	3.5	4	0.0	6	Franco	0.4523	Fuertemente erodable

Según lo presentado en la Tabla 30, el factor K para fincas ganaderas, oscilo entre 0.2482 y 1.07 t.ha.h/MJ.mm.ha en las categorías de mediana, fuerte y extremadamente erodable según la clasificación propuesta por la USDA (1962) presentada en la Tabla 22; sólo uno de los puntos muestreados se encontró en la categoría de extremadamente erodable con un valor de $K > 1$, en la finca Villa Fabi (finca ganadera), coincidiendo con un proceso de formación de cárcava evidenciado en campo.

Es importante señalar que la ecuación para determinar el factor textura (M) es válida para suelos con la fracción limosa menor o igual al 70%. En el caso puntual de la finca Villa Fabi, para el grado de erosión alto (suelo desnudo) se encontró una textura limosa con un porcentaje superior al 90%, lo que justifica el valor de $K > 1$ t.ha.h/MJ.mm.ha.

De manera general, los valores más altos del factor K (> 0.4 t.ha.h/MJ.mm.ha) se encontraron en la condición de erosión alta (suelo desnudo), donde se presentaron los valores más bajos de materia orgánica, y donde se presentó el mayor porcentaje en la fracción limosa. Lo anterior se puede relacionar con la pérdida del primer horizonte de suelo en las zonas de alta pendiente, quedando expuestos los horizontes más profundos y con menor fertilidad.

En contraste con lo anterior, también se observó que tanto el contenido de materia orgánica, como los porcentajes de arcilla son mayores ($>30\%$) en la erosión baja y pendientes menos inclinada y a su vez, son menores en la erosión y pendientes altas, lo cual se puede relacionar con el desprendimiento de partículas de suelo en las partes medias y altas y su acumulación en las partes más bajas de la ladera.

Lo anterior coincide con lo mencionado por González (1991), quien afirma que experimentalmente se comprueba que los suelos con mayor susceptibilidad a la erosión corresponden a las texturas intermedias (fracción de limos más abundante), y los suelos menos susceptibles corresponden a un porcentaje de arcillas superior al 30%.

En este sentido, la disminución de la fracción limosa aumenta la resistencia a la erosión, ya sea por un aumento del porcentaje de elementos más finos, como las arcillas, que aumentan la cohesión del suelo, o por un aumento en el porcentaje de los elementos más gruesos, como las arenas, que permiten mejores condiciones de infiltración y se retrasa la aparición de escorrentía superficial.

Por su parte, el contenido de materia orgánica mejora la estabilidad a los agregados del suelo y, por consiguiente, su estructura, demostrándose experimentalmente que es el segundo factor después de la textura, que determina la erodabilidad de los suelos (González, 1991).

Factor K para fincas con cultivos

En la Tabla 31 se presentan los promedios de los valores encontrados para las variables requeridas para determinar el Factor K en las 4 fincas con cultivos de cítricos y café.

Los valores de permeabilidad (p), estructura (s) y MO se asignaron de la misma manera que para las fincas ganaderas (Tabla 28).

Tabla 31. Promedios de valores encontrados para determinar el Factor K en fincas con cultivos.
Fuente: Elaboración propia

Finca	Vereda, municipio	Rango de pendiente	Promedio de valores encontrados						Categoría Factor K
			MO (%)	MO (USLE)	Ks (cm/h)	Código Perm. (p)	Textura	Factor K (t. ha. h/MJ.mm.ha)	
Agropecuaria La Cumbre Cítricos	Riveralta, La Victoria	Fuertemente inclinada	5.9	4	0.1	6	Arcilloso	0.3068	Medianamente erodable
		Ligeramente escarpada	5.0	4	0.0	6	Arcilloso	0.3052	Medianamente erodable
		Moderadamente escarpada	4.1	4	2.3	5	Arcilloso	0.2635	Medianamente erodable
La Palma Café	Villarodas, Obando	Fuertemente inclinada	3.1	3	0.0	6	Franco arcilloso arenoso	0.3322	Fuertemente erodable
		Ligeramente escarpada	2.4	2	0.1	6	Franco arcilloso	0.4208	Fuertemente erodable
		Moderadamente escarpada	2.9	3	1.4	4	Franco arcilloso	0.3344	Fuertemente erodable
La Esperanza Café	Buenos Aires, Obando	Fuertemente inclinada	5.4	4	0.1	6	Arcilloso	0.2893	Medianamente erodable
		Ligeramente escarpada	6.4	4	1.5	4	Arcilloso	0.3054	Medianamente erodable
		Moderadamente escarpada	5.7	4	0.9	4	Arcilloso	0.2941	Medianamente erodable
La Rubiela Cítricos	Taguales, La Victoria	Fuertemente inclinada	5.2	4	1.0	5	Arcilloso	0.2557	Medianamente erodable
		Ligeramente escarpada	5.4	4	0.0	6	Arcilloso	0.3400	Fuertemente erodable
		Moderadamente escarpada	4.8	4	0.0	6	Arcilloso	0.3405	Fuertemente erodable

Según lo presentado en la Tabla 31, el factor K para fincas con cultivos, oscilo entre 0.256 y 0.421 t.ha.h/MJ.mm.ha en las categorías de mediana a fuertemente erodable según la clasificación propuesta por la USDA (1962).

En este caso, a diferencia de los suelos destinados a ganadería, no se apreciaron cambios en las texturas (contenidos altos de arcilla), la materia orgánica, ni en la erodabilidad, respecto a los rangos de pendiente evaluados. Este análisis se complementa con los análisis estadísticos presentados en el apartado 5 de análisis de resultados obtenidos.

Factor LS

En la Tabla 32 se presentan las pendientes definidas para los diferentes grados de erosión en las fincas ganaderas y los valores del factor LS correspondientes.

Las pendientes (%) son el resultado de la relación entre las pendientes medidas en campo y las obtenidas con el MED con una resolución de 2.5m.

Tabla 32. Pendientes determinadas para las fincas ganaderas muestreadas.

Fuente: Elaboración propia

Finca	Vereda, municipio	Grado de erosión	Pendiente (%)	Clasificación IGAC	Factor LS
Villa Fabi	Puerto Samaria, Obando	Baja	35	Ligeramente escarpada	1.04
		Media	37	Ligeramente escarpada	1.14
		Alta	51	Moderadamente escarpada	1.78
El Reflejo	Villarodas, obando	Baja	23	Fuertemente inclinada	0.57
		Media	50	Ligeramente escarpada	1.72
		Alta	61	Moderadamente escarpada	2.28
Potosi	Villarodas, Obando	Baja	25	Ligeramente escarpada	0.67
		Media	58	Moderadamente escarpada	2.13
		Alta	49	Ligeramente escarpada	1.69
La Porfia	Buenos Aires, Obando	Baja	23	Fuertemente inclinada	0.57
		Media	56	Moderadamente escarpada	2.00
		Alta	71	Moderadamente escarpada	2.82
Nacayna	El Chuzo, Obando	Baja	23	Fuertemente inclinada	0.57
		Media	65	Moderadamente escarpada	2.46
		Alta	42	Ligeramente escarpada	1.37
La Alpina	Riveralta, La Victoria	Baja	25	Ligeramente escarpada	0.64
		Media	41	Ligeramente escarpada	1.29
		Alta	65	Moderadamente escarpada	2.47
Magallanes	Riveralta, La Victoria	Baja	26	Ligeramente escarpada	0.68
		Media	43	Ligeramente escarpada	1.39
		Alta	74	Moderadamente escarpada	3.00
La Esmeralda	Taguales, La Victoria	Baja	22	Fuertemente inclinada	0.55
		Media	42	Ligeramente escarpada	1.35
		Alta	69	Moderadamente escarpada	2.72

De acuerdo con la Tabla 32 las pendientes en fincas ganaderas oscilaron entre 22 y 74%, las cuales corresponden a las categorías de fuertemente inclinada a moderadamente escarpada según la clasificación IGAC.

Respecto al factor LS se obtuvieron valores entre 0.55 y 3.0, presentando una relación directamente proporcional con el porcentaje de pendiente.

Por otra parte, en la Tabla 33 se presentan las pendientes definidas para los diferentes grados de erosión en las fincas con cultivos y los valores del factor LS correspondientes.

Tabla 33. Pendientes determinadas para las fincas de cultivo muestreadas.

Fuente: Elaboración propia

Finca	Vereda, municipio	Cultivo	Pendiente (%)	Clasificación IGAC	Factor LS
Agropecuaria La Cumbre	Riveralta, La Victoria	Cítricos	6	Ligeramente inclinada	0.09
			25	Ligeramente escarpada	0.65
			55	Moderadamente escarpada	1.98
La Palma	Villarodas, Obando	Café	18	Fuertemente inclinada	0.40
			30	Ligeramente escarpada	0.84
			60	Moderadamente escarpada	2.20
La Esperanza	Buenos Aires, Obando	Café	12	Fuertemente inclinada	0.23
			32	Ligeramente escarpada	0.92
			75	Fuertemente escarpada	3.06
La Rubiela	Taguales, La Victoria	Cítricos	12	Fuertemente inclinada	0.23
			33	Ligeramente escarpada	0.97
			53	Moderadamente escarpada	1.88

En las fincas con cultivos, las pendientes oscilaron entre 22 y 75%, las cuales corresponden a las categorías de ligeramente inclinada a fuertemente escarpada según la clasificación IGAC. Por su parte, el factor LS obtuvo valores entre 0.09 y 3.06.

Factores C y P

Como se mencionó en la metodología, el **Factor C** se determinó teniendo en cuenta los valores asignados en la capa temática de cobertura de suelo IGAC-CVC actualizada para el año 2015; de esta manera los valores obtenidos para las coberturas identificadas en los predios priorizados fueron los siguientes:

Tabla 34. Factor C obtenido para las coberturas priorizadas.

Fuente: Adaptado de IGAC-CVC, 2015

Uso del suelo	Cobertura	Factor C
Ganadería	Suelo desnudo	1.0
	Pastos	0.1
	Pastos con procesos erosivos: pata de vaca	0.5
Cultivos	Cítricos	0.166

	Café y plátano	0.3
--	----------------	-----

Para el factor C en la cobertura de pastos con procesos erosivos de pata de vaca, se asumió como un punto medio entre los pastos con buena cobertura (90%) y suelo desnudo, obteniendo un valor de C igual a **0.5**.

Respecto al **Factor P**, en las salidas de campo realizadas no se identificaron prácticas de conservación consideradas por la USLE, por esta razón se asume que no se implementa ninguna práctica de conservación y el Factor P será igual a **1**; de esta manera el valor obtenido en pérdida de suelo será el máximo.

4.2.2 Estimación pérdida de suelo

➤ Pérdida de suelo por erosión en fincas ganaderas: escenario actual

Integrando los factores R, K, LS, C y P, se obtuvo que las pérdidas de suelo en fincas ganaderas oscilaron entre 35 y 6597 t/ha-año, para el escenario actual.

En la Figura 35 se presentan los promedios de pérdida de suelo para los diferentes grados de erosión evaluados.

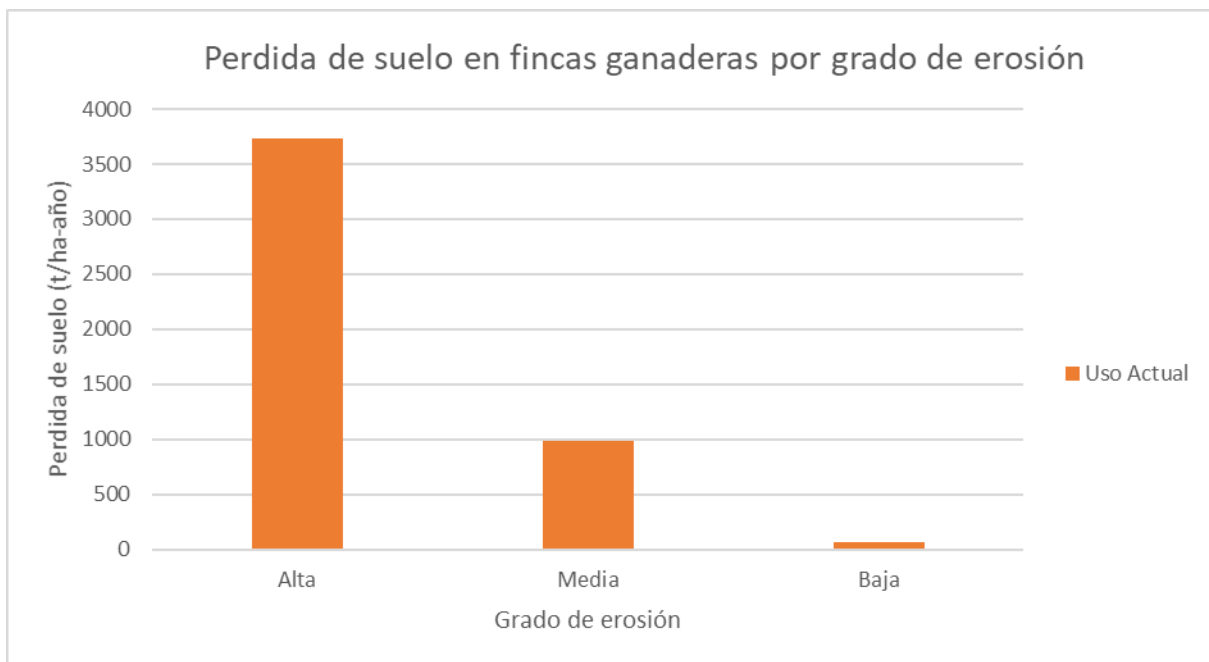


Figura 34. Pérdida de suelo en fincas ganaderas por diferente grado de erosión en el escenario actual.

En el grado de erosión alto, correspondiente a suelo desnudo, se obtuvo una pérdida de suelo entre 1738 y 6597 t/ha-año, con un promedio de 3727 t/ha-año, y una desviación estándar de 1478.

En la erosión media, o pata de vaca, la pérdida de suelo estimada fue de 563 a 1517 t/ha-año, con un promedio de 981 t/ha-año, y una desviación estándar de 338.

Por su parte, en la erosión baja (pastos con buena cobertura) se encontraron valores entre 35 y 125 t/ha-año, un promedio de 70 t/ha-año, y una desviación estándar de 27.

De igual forma, la pérdida de suelo se relacionó con los diferentes rangos de pendientes, como se presenta en la Figura 36.

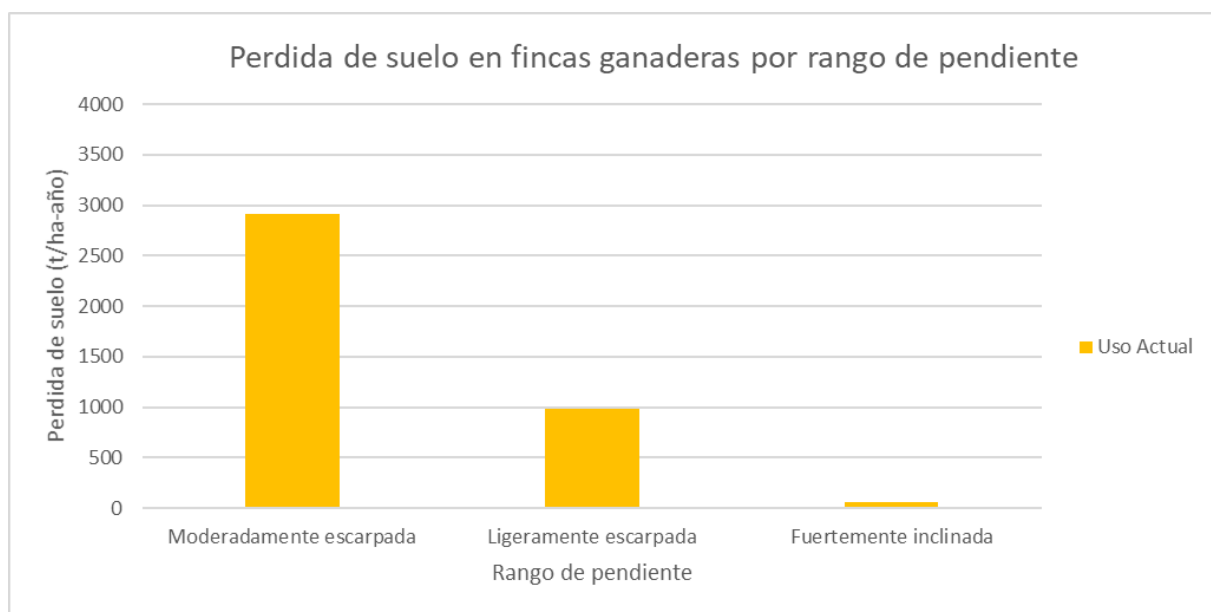


Figura 35. Perdida de suelo en fincas ganaderas por rango de pendientes en escenario actual.

De acuerdo con la Figura 36, los rangos de pendiente evaluados presentaron la misma tendencia que los grados de erosión de la Figura 35, de esta manera, en las pendientes moderadamente escarpadas se encontraron los valores más altos de pérdida de suelo con un promedio de 2913 t/ha-año, seguido por los valores encontrados en la pendiente ligeramente escarpada con un promedio de 979 t/ha-año y finalmente, los valores más bajos en la pendiente fuertemente inclinada con un promedio de 55 t/ha-año.

Cabe resaltar que en la ubicación de los puntos de muestreo de suelos no se controló la inclinación de la pendiente, únicamente se tuvo en cuenta la identificación de los 3 grados de erosión previamente definidos. Sin embargo, según lo observado en campo, se tenía una hipótesis inicial de que los procesos erosivos más fuertes ocasionados por la actividad ganadera se encontraban en las pendientes más altas, lo cual coincidió con el análisis de las Figuras 35 y 36.

De manera complementaria, se relacionó la cantidad de puntos muestreados con los factores erosión-pendiente, encontrado la información presentada en la Tabla 35.

Tabla 35. Número de puntos muestreados y su relación con el grado de erosión y pendiente.
Fuente: Elaboración propia

Relación erosión - pendiente	# de puntos muestreados	% de puntos muestreados
Alta - moderadamente escarpada	6	25
Alta - ligeramente escarpada	2	8
Media - moderadamente escarpada	4	17
Media - ligeramente escarpada	4	17
Baja- ligeramente escarpada	2	8
Baja- Fuertemente inclinada	6	25
Total	24	100

Según la Tabla 35, el 42% de los puntos muestreados se encontraron en un rango de pendiente moderadamente escarpada (>50%), con grados de erosión alta (suelo desnudo) y media (pata de vaca); mientras que un 25% de los puntos muestreados, con estos mismos grados de erosión, se encontraron en una pendiente ligeramente escarpada (25-50%).

Por su parte, la pendiente fuertemente inclinada representó el 25% de los puntos muestreados para un grado de erosión bajo y el 8% en pendiente ligeramente escarpada para este mismo grado de erosión.

➤ **Pérdida de suelo por erosión en fincas ganaderas: escenario potencial**

Limitantes y usos recomendados para los suelos del área de estudio

Al revisar el estudio semidetallado de suelos a escala 1:25.000 (CVC-IGAC, 2015), se encontró que las principales limitantes de los suelos del área de estudio son las altas pendientes y la erosión moderada (Tabla 1 del apartado 2.2.2 - Línea base del área de estudio).

Por su parte, en la capa temática CVC de capacidad de uso (CVC-IGAC, 2015) descrita en el apartado 2.2.2, se encontró que existe una relación entre el uso recomendado del suelo y el tipo de pendiente. Con esto, los usos recomendados se resumieron en términos de la actividad ganadera como se presenta a continuación:

Para las pendientes entre el 12-25%, se definen dos categorías:

- **Pendiente fuertemente Inclinada**, donde se recomiendan actividades agrosilvícolas (AGS) bajo cultivos semipermanentes y permanentes asociados con especies
- **Pendiente fuertemente Inclinada con erosión moderada**, relacionada con tierras aptas para sistemas silvopastoriles: ganadería con pastos mejorados y plantaciones

forestales. Se recomienda programas de recuperación de suelos, fertilización, rotación de potreros, uso de variedades mejoradas de pasto, cercas vivas y protección

Para pendientes entre el 25-50% se encontraron las siguientes categorías:

- **Pendiente ligeramente escarpada:** donde se recomienda la ganadería semi-intensiva.
- **Pendiente ligeramente escarpada con erosión moderada:** relacionada con tierras aptas para sistemas silvopastoriles con el establecimiento bosques-pastos y bosques protectores-productores

Finalmente, en las pendientes superiores al 50% (**moderada a fuertemente escarpada**) el uso recomendado está destinado a la conservación y preservación de los recursos naturales, conservación de los bosques nativos, recuperación de las zonas afectadas por erosión ligera y protección de los recursos hídricos.

En la Figura 37. se presenta un resumen gráfico de los usos recomendados, según la pendiente del terreno, tomado del documento “Manejo y uso del suelo en zona de ladera” compartido por la CVC.

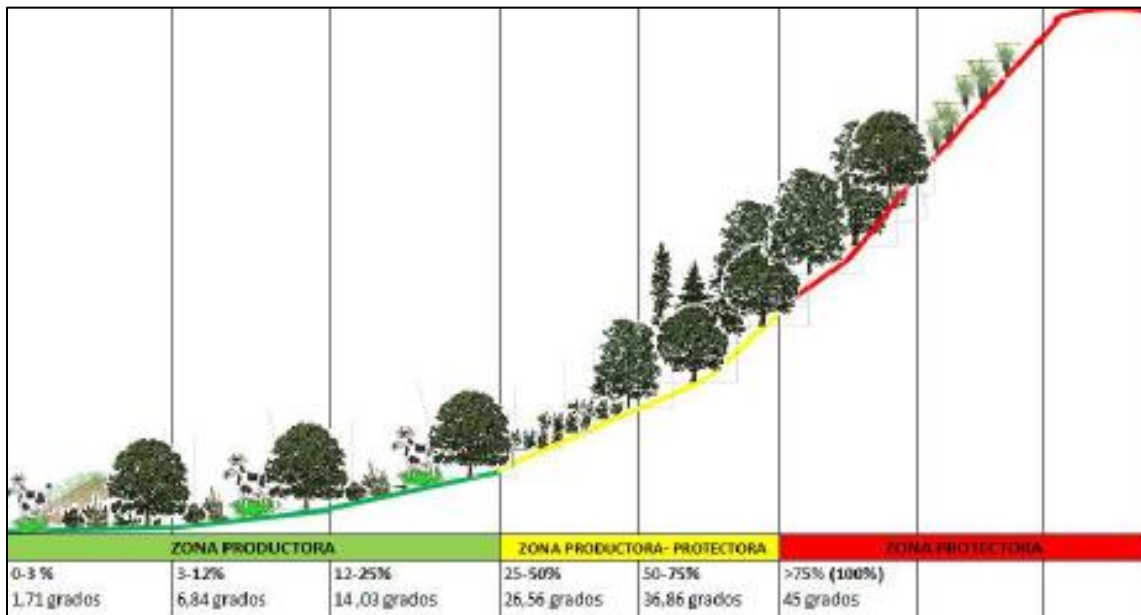


Figura 36. Gráfico de clasificación de uso potencial del suelo según la pendiente.
Fuente: Manejo y uso del suelo en zona de ladera, (CVC,2015)

De esta manera, la pendiente y el grado de erosión fueron las variables más importantes a tener en cuenta para definir el uso potencial en los diferentes escenarios (erosión baja, media y alta) identificados en las fincas muestreadas.

➤ **Factor C para el escenario de uso potencial**

Según las mediciones de pendiente en campo, las pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) correspondieron a un grado de erosión baja, donde se observaron pastos de buena

cobertura; si bien el manejo de estos pastos se puede mejorar, se considera que no hay un grado de conflicto por este uso, por lo que el factor C se mantuvo en un valor de 0.1, como se definió para el uso actual.

Las pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) coincidieron con los 3 grados de erosión; en los casos donde se presenta erosión por pata de vaca, se consideró la categoría de pendiente ligeramente escarpada con erosión moderada y un grado de conflicto medio. En este caso el uso recomendado estaría enfocado hacia una mejora en el manejo de la ganadería con la implementación de sistemas silvopastoriles: pastos mejorados, rotación de potreros y árboles dispersos; lo anterior con el objetivo de mejorar la cobertura hasta un 40%. En el caso de suelo desnudo, se propone mejorar la cobertura hasta un 90% considerando la recuperación de cobertura con pastos mejorados (cambio en el Factor C de 0.5 y 1.0 a 0.1).

En contraste con lo anterior, las pendientes moderadamente escarpadas (>50%) se encontraron en los grados de erosión media y alta, con procesos de pata de vaca y suelo desnudo, respectivamente. Teniendo en cuenta que las altas pendientes y la erosión moderada es una de las fuertes limitantes en estos suelos, el uso recomendado por CVC (2015) esta direccionado a la conservación y protección de los recursos naturales; en este caso el impacto de la ganadería es mucho mayor y por esta razón, se consideró mantener una cobertura con vegetación nativa y sin disturbar, a la cual le corresponde un valor de C de 0.01 según lo presentado en la Tabla 24.

Con base en lo anterior, el uso potencial definido por grado de pendiente y los nuevos valores asignados para el factor C, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 36. *Uso potencial definido por grado de erosión y valores propuestos para el factor C.*

Categoría de Pendiente	Rango de pendiente (%)	Cobertura actual	Factor C actual	Manejo – uso recomendado (CVC)	Factor C Potencial
Fuertemente inclinada	12 - 25	Pastos con buena cobertura	0.1	Ganadería: pastos mejorados y con buena cobertura	0.1
Ligeramente escarpada con erosión moderada	25 - 50	Pastos con procesos de pata de vaca / Suelo desnudo	0.5 / 1.0	Mejora en el manejo de la ganadería – Sistema silvopastoril	0.1
Moderadamente escarpada	> 50	Pastos con procesos de pata de vaca / Suelo desnudo	0.5 / 1.0	Conservación y protección de los recursos naturales – Vegetación nativa	0.01

Pérdida de suelo por erosión en fincas ganaderas: escenario potencial

Integrando los factores R, K, LS, P e implementando los cambios en el factor C (Tabla 36), se obtuvo que las pérdidas de suelo por la actividad ganadera en un escenario potencial oscilan entre 17 y 381 t/ha-año, lo que representa hasta 100 veces más en el escenario actual.

En la Figura 38 se presentan los promedios de pérdida de suelo para los dos escenarios evaluados en los diferentes grados de erosión.

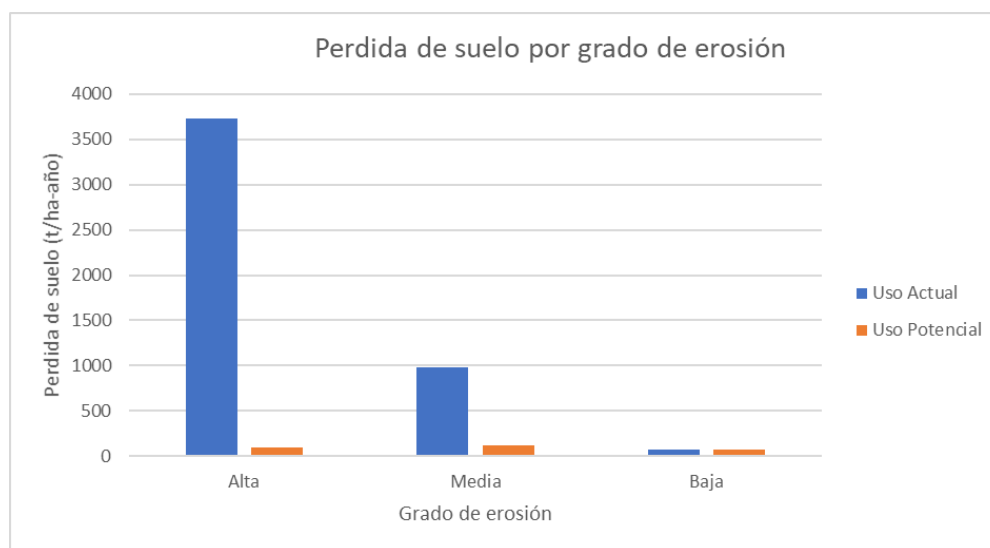


Figura 37. Comparación de pérdida de suelo por grado de erosión con diferentes usos.

Según lo observado en la Figura 38, la pérdida de suelo disminuye en mayor medida en el grado de erosión alto (de 3727 a 100 ton/ha-año) debido a que en el escenario potencial se proyecta un cambio de cobertura de suelo desnudo a vegetación nativa o de conservación.

En el grado de erosión media o pata de vaca, la pérdida de suelo disminuyó de 981 a 118 ton/ha-año, proyectando un escenario de mejora en el manejo de la ganadería con la implementación de sistemas silvopastoriles.

Por su parte en el grado de erosión baja no se observó ningún efecto, dado que no se consideró un grado de conflicto en la actividad ganadera.

➤ **Pérdida de suelo por erosión en fincas con cultivos agrícolas: escenario actual**

Integrando los factores R, K, LS, C y P, se obtuvo que las pérdidas de suelo en fincas con cultivos oscilaron entre 16 y 933 t/ha-año, para el escenario actual.

En la Figura 39 se presentan los promedios de pérdida de suelo para los diferentes rangos de pendientes evaluados.

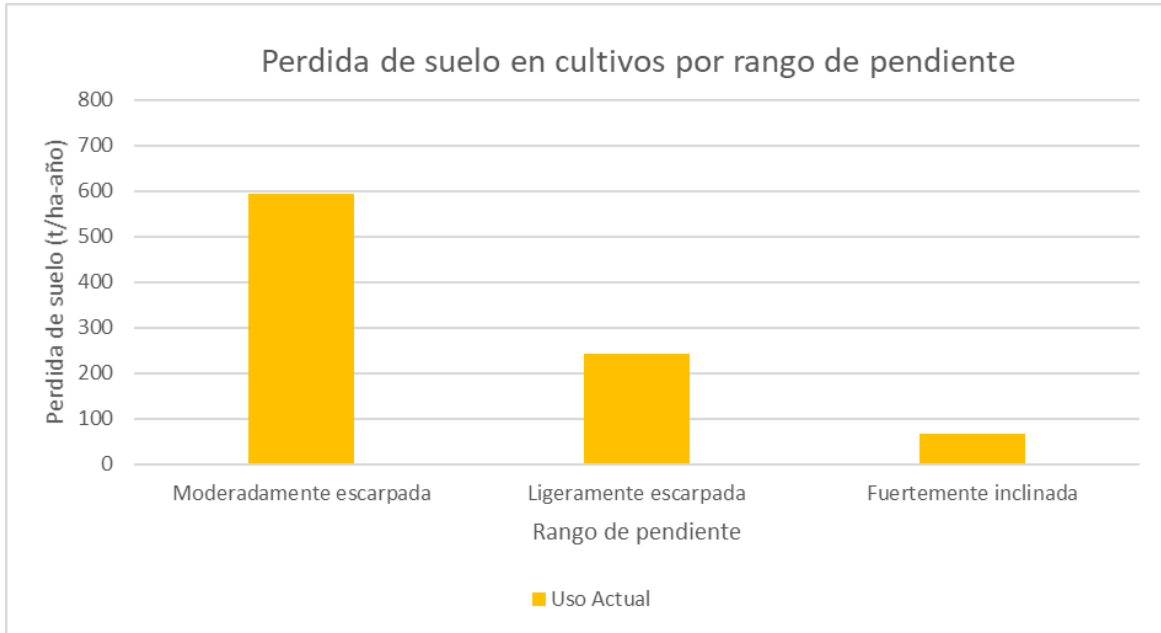


Figura 38. Perdida de suelo en cultivos en escenario actual teniendo en cuenta el rango de pendiente.

Según lo observado en la Figura 39, la pérdida de suelos en cultivos es mayor en pendientes moderadamente escarpadas (>50%) con un valor promedio de 594 t/ha-año, seguida por las pérdidas de suelo en pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) con un valor promedio de 242 t/ha-año, mientras que las pérdidas más bajas se presentaron en las pendientes fuertemente inclinadas (<12%) con un promedio de 66 t/ha-año.

Cabe resaltar que, a diferencia de las fincas ganaderas, en este caso los puntos de muestreo si se seleccionaron según la inclinación de la pendiente para evaluar el impacto en los rangos mencionados.

➤ **Escenario potencial para fincas con cultivos**

Teniendo en cuenta que, en las principales limitantes de los suelos del área de estudio se encontraron las altas pendientes y la erosión moderada, para el caso de cultivos se considera que este uso de suelo entra en conflicto por uso en las pendientes de categoría moderadamente escarpadas (>50%).

De esta manera, el uso recomendado en este rango de pendiente está direccionado a la conservación y protección de los recursos naturales, pues al igual que en las fincas ganaderas, el impacto de las actividades antrópicas en altas pendientes es mucho mayor.

Por su parte, en las pendientes ligeramente escarpadas (12-25%) y fuertemente inclinadas (<12%) no se considera ningún grado de conflicto por uso de suelo, pues se encuentran dentro de los usos recomendados y, además, en las visitas de campo se evidenció una buena cobertura del suelo en estos cultivos: cobertura orgánica (mulch, hojarasca) y

conservación de arvenses nobles como práctica para proteger el suelo (Figuras 40), según lo informado por los mayordomos de las fincas visitadas.



Figura 39. Cultivos con suelos protegido con cobertura orgánica y conservación de arvenses

Por lo anterior, al igual que en las fincas ganaderas, se consideró mantener una cobertura con vegetación nativa y sin disturbar, en las pendientes moderadamente escarpadas, con un valor de C de 0.01. Por su parte, en las pendientes ligeramente escarpadas y fuertemente inclinadas el factor C se mantuvo constante.

Pérdida de suelo por erosión en fincas con cultivos: escenario potencial

Implementando los cambios en el factor C en los casos con pendiente moderadamente escarpada, se obtuvo que las pérdidas de suelo en un escenario potencial oscilan entre 18 y 31 t/ha-año, lo que representa hasta 30 veces menos las pérdidas en el escenario actual.

En la Figura 41 se presentan los promedios de pérdida de suelo para los dos escenarios evaluados.

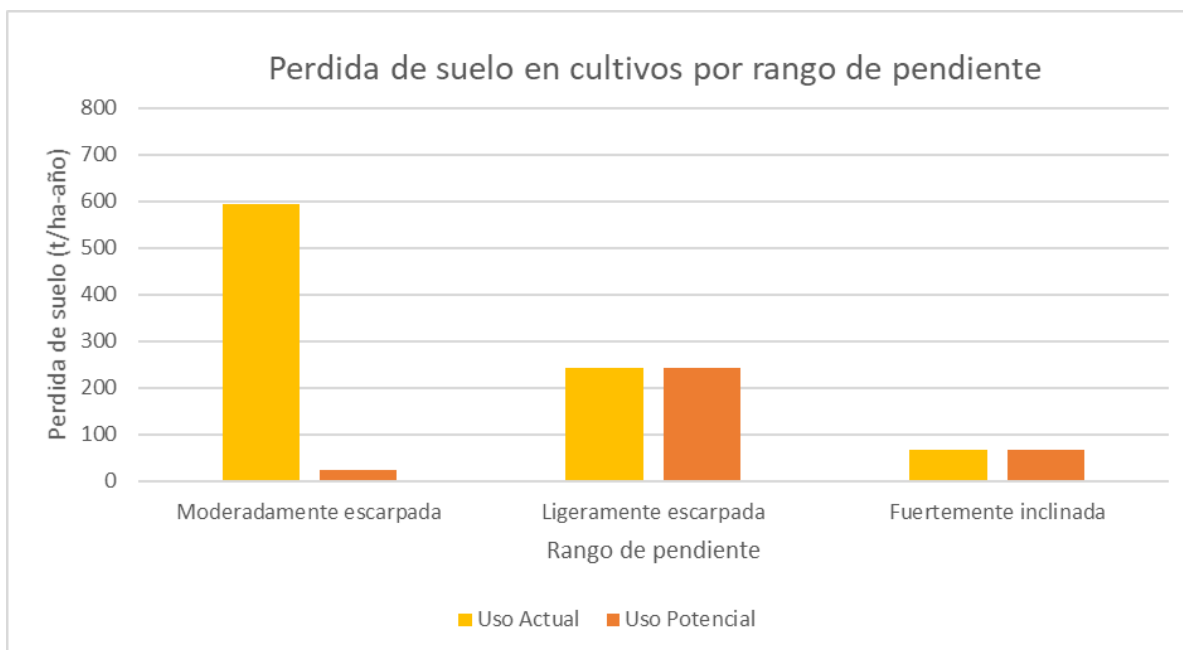


Figura 40. Comparación de uso actual y uso potencial en la pérdida de suelo respecto al rango de pendiente.

5. DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE MANEJO PARA EL CONTROL DE PROCESOS EROSIVOS

Actividad

d. Definir al menos dos medidas de manejo para el control de procesos erosivos en los sitios priorizados previo acuerdo con los posibles usuarios, y realizar un piloto con prácticas sostenibles de manejo del suelo (zona con procesos erosivos severos), que contribuyan en los conocimientos de la comunidad.

5.1 Metodología

5.1.1 Definición de medidas de manejo para reconversión ganadera

Teniendo como línea base la información recopilada en el apartado 2.2.3 (Línea base: actividades ganaderas), el zootecnista PhD. Raúl Molina propuso una batería de medidas (implementaciones y manejo) acorde a las condiciones productivas, ambientales, edáficas y topográficas de la zona de estudio, basadas en naturaleza (cercas vivas, aislamientos de bosques), infraestructura (cercas eléctricas, bebederos inteligentes, cosecha de agua) y conocimiento (alternativas de sistemas productivos, registros, sanidad animal).

5.1.2 Definición de medidas de manejo para cultivos

Teniendo como línea base la información recopilada en el apartado 2.2.3 (Línea base: actividades agrícolas), se propuso algunas prácticas de manejo para cultivos que permitan

mantener o incrementar la productividad mediante aplicación de medidas técnicas apropiadas, y minimizar o prevenir los daños causados por los factores de erosión mediante las prácticas de conservación de suelos.

5.1.3 Definición del predio donde se llevará a cabo el piloto

Para definir el sitio donde se llevó a cabo la implementación del piloto con prácticas sostenibles de manejo del suelo, se tuvo en cuenta la localización de las fincas ganaderas identificadas en las visitas de reconocimiento (accesibilidad de las vías y visibilidad del lote desde las carreteras), así como las encuestas realizadas en los predios identificados y los procesos erosivos observados durante los recorridos (Tabla 13), donde se evidenció que el principal uso del suelo y las mayores afectaciones en el recurso suelo en el área de estudio, están relacionadas con la ganadería bovina de tipo extensiva.

De esta manera, con el acompañamiento del zootecnista PhD. Raúl Molina, se definieron varios aspectos para tener en cuenta para la selección del predio donde se llevará a cabo la implementación:

- ✓ La accesibilidad de las vías
- ✓ Visibilidad del lote desde la carretera
- ✓ Disponibilidad del recurso hídrico
- ✓ Nacimientos y/o bosques sin intervenciones de aislamiento o protección
- ✓ Topografía del terreno con pendientes moderadas
- ✓ Evidencia de procesos erosivos
- ✓ Disposición del propietario para permitir hacer implementaciones en su predio.

Una vez seleccionado el predio con las condiciones aptas para la implementación, se programó una visita de campo para la selección del lote específico.

5.1.4 Implementación del piloto

Definición de medidas de manejo y diseño del piloto

Las medidas de manejo y el diseño del piloto a implementar, se definieron acordes a las características del predio seleccionado (procesos erosivos evidenciados, topografía del terreno, nacimientos y/o bosques intervenidos). Esta actividad se realizó con el acompañamiento del zootecnista PhD. Raúl Molina

Acuerdo con el propietario

Previo a la ejecución de la implementación del piloto, se realizaron reuniones virtuales con el señor Juan Carlos Buitrago, propietario de la finca Magallanes, con el objetivo de socializar las medidas de manejo propuestas y el diseño del piloto. Con lo anterior, se redactó un documento de acuerdos entre la Universidad Nacional y los propietarios del predio Mistrato.

Definición del contratista y ejecución de la obra

El Ingeniero Delmar Montoya como representante de la empresa BIODESS, fue el encargado de ejecutar la obra del piloto mediante OSE 36-5013 de 2021, de esta manera, la empresa BIODESS siguió los lineamientos del diseño del piloto realizado por el zootecnista PhD. Raúl Molina y el ingeniero Richard Lasprilla.

Durante la ejecución de la obra, se programaron visitas de seguimiento para verificación de compromisos. Una vez finalizada la obra, se realizó un acta de entrega del piloto.

5.2 Resultados

5.2.1 Medidas de manejo para reconversión ganadera

A continuación, se describen una serie de medidas encaminadas a mejorar los agroecosistemas ganaderos desde los componentes ambiental y económico. Para mayor información sobre las medidas planteadas en este informe, se pueden consultar los siguientes documentos (Chará et al., 2011; García et al., 2021; Giraldo et al., 2012; Zapata & Silva, 2016).



Figura 41. Medidas de manejo para reconversión ganadera.
 Fuente: Elaboración propia.

Aislamientos de bosques y fuentes hídricas

Objetivo de la medida: Promover la restauración pasiva o la conservación de áreas importantes, ya sea por la presencia de coberturas vegetales de interés y/o fuentes hídricas, a través del aislamiento de las actividades que los puedan deteriorar.

Descripción de la medida: Se instalan cercos en los linderos de las áreas de interés para facilitar los procesos de recuperación o conservación, demarcando los límites de las actividades agrícolas e impidiendo el paso del ganado. A mediano y largo plazo se espera que estas divisiones se transformen en cercas vivas que acojan especies arbóreas y arbustivas en su estructura.

Hipótesis de la implementación: La protección de las áreas antes mencionadas permitirá a los agroecosistemas beneficiarse de los servicios ecosistémicos que ofrecen (regulación, soporte, provisión y culturales)

Breve descripción metodológica de la implementación:

El cercado con alambre de púas es el tratamiento recomendado para las áreas donde aún no se maneja la cerca eléctrica. Se instalan postes (madera, cemento, plástico, hierro, entre otros), preferiblemente de longitud de 2 metros y grosor acorde al material del poste (en madera, mínimo 10 cm de ancho) bordeando la cobertura vegetal objeto de conservación a una distancia mínima de 1 metro del perímetro y de 3 metros entre postes (esta distancia entre postes varía de acuerdo con la topografía del terreno a cercar). Se instalan pie de amigos (palancas de apoyo) cada 48 metros. Los postes se entierran 60 cm y son apisonados fuertemente con suelo extraído de los mismos huecos. Se fijan 3 o 4 líneas de alambre de púas calibre 14 a 16, las cuales se pegan a los postes utilizando grapas.

Cuando se utiliza cerca eléctrica, se instalan postes (madera, cemento, plástico, hierro, entre otros), preferiblemente de 2 metros de longitud, bordeando la vegetación objeto de conservación a una distancia mínima de 1 metro del perímetro y de 9 metros entre postes (esta distancia entre postes varía de acuerdo con la topografía del terreno a cercar), se recomienda instalar pie de amigos (palancas de apoyo) cada 48 m. Los postes deben enterrarse 60 cm y ser apisonados fuertemente con suelo extraído de los mismos huecos. Se utilizan 2 líneas de alambre galvanizado o acerado calibre 12 a 14, las cuales, dependiendo del material del poste, son aisladas con manguera (pitillo) o aisladores plásticos. Al inicio de cada línea se debe utilizar un tensor metálico.

Para una mayor durabilidad de los cerramientos se recomienda proteger la parte inferior de los postes (madera) empleando pintura impermeable tipo vareta a una altura de 70 cm.

Sistemas silvopastoriles (Ssp)

Objetivo de la medida: Fortalecer la relación suelo, planta, animal en los sistemas de producción ganadera, que aumente su capacidad adaptativa para enfrentar los impactos por eventos de variabilidad y cambio climático.

Descripción de la medida: Esta medida permite combinar en el mismo espacio del sistema ganadero, gramíneas y leguminosas rastreras con especies arbustivas y árboles maderables, destinados a la alimentación animal y a usos complementarios como son la regulación hídrica, sombra para los animales, producción de madera, frutas, hábitat de la fauna silvestre y embellecimiento del paisaje.

Hipótesis de la implementación: Con la implementación de Ssp se obtendrá mayor estabilidad en la producción, disponibilidad de forraje y nutrientes durante todo el año.

Breve descripción metodológica de la implementación:

Son diversas las opciones dentro de los sistemas silvopastoriles, por lo tanto, el establecimiento de estos dependerá del arreglo seleccionado, especies y factores climáticos, edáficos y topográficos. Estos factores determinarán los costos, mano de obra y tiempos de establecimiento.

Árboles dispersos en potreros: se refiere a pasturas naturales, naturalizadas o mejoradas en las que se incorporan arbustos y/o árboles en densidades mayores a 25 individuos por hectárea. Se usan especies que son deseables para el agroecosistema, por lo tanto, deben ser protegidos durante su etapa inicial con el fin de evitar el daño por parte de los animales. Una forma de protección son los encierros individuales, los cuales pueden ser construidos con postes de madera, guadua o cemento y pueden ser rodeados con alambre de púas, troncos delgados, mallas metálicas, telas plásticas, entre otros. Esta opción presenta un costo alto por unidad, por lo cual, se hace inviable cuando el número de individuos a establecer es alto.

Otra forma de establecer árboles dispersos en los potreros es mediante el control selectivo de las especies arbóreas o arbustivas más deseables que aparecen a partir de la sucesión vegetal natural (enrastramiento).

Franjas para el establecimiento de múltiples árboles y arbustos: se establecen franjas de longitud que varía según el área que se esté interviniendo y de aproximadamente dos metros de ancho, las cuales son delimitadas por una cerca (ambos lados) para evitar el daño por parte de los animales durante sus primeras etapas. La distancia entre las franjas podrá variar, sin embargo, a mayor distancia entre estas, se tardará más tiempo en lograr una buena cobertura arbórea y apreciar los beneficios sobre el suelo.

El cerco que protege la franja de árboles se puede hacer con diferentes tipos de poste (madera, guadua, plástico, entre otros) y con alambre de púas o liso (cerca eléctrica). Esta última reduce los costos.

La distancia entre postes y el número de líneas a utilizar depende de: topografía del terreno, cerco de púas o eléctrico, raza bovina con la que se trabaja (si se trabaja con razas cebuinas es recomendable mayor número de cuerdas y mayor altura).

Los árboles que conforman la franja se establecen cada 2 o 3 metros de distancia entre ellos, promoviendo mayor competencia por luz, lo cual estimula su rápido crecimiento.

Adicionalmente, esta densidad de siembra garantiza que, aunque haya una mortalidad moderada, quedará una buena cantidad de individuos.

Sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con Leucaena: es un sistema de pastoreo ramoneo en el cual se asocian los pastos con la Leucaena, plantados en altas densidades (≥ 10.000 plantas por ha). En estas áreas los animales consumen los pastos y el follaje de la arbórea. Bajo este modelo se obtiene una producción ganadera (carne y/o leche) intensiva que adicionalmente conserva y mejora la fertilidad del suelo (mínima o nula utilización de fertilizantes químicos).

El diseño de siembra puede ser de un metro de distancia entre plantas y un metro de distancia entre surcos, sin embargo, este puede variar a 1.4 m entre surcos y 0.7 m entre plantas, consiguiendo 10,200 plantas por ha. Se pretende que las raíces y la copa de la leucaena influyan sobre cada centímetro cuadrado del suelo.

Para tener en cuenta: i) cuando el trabajo se va a realizar en potreros en los cuales el pasto se encuentra en buenas condiciones (cobertura, agresividad, etc), lo más indicado podría ser la implementación de una fase de vivero en la que los árboles de leucaena se desarrollen para luego ser trasplantados a campo, ii) en áreas con pasturas de bajo crecimiento, degradadas o que van a pasar de cultivos a pasturas, se puede implementar la siembra directa a través de semillas y, iii) la siembra con preparación mecánica se debe realizar en áreas cuya topografía (plana o moderada) permita su preparación con tractor y arado.

La leucaena debe permanecer descubierta durante su fase temprana de desarrollo, por lo tanto, se debe controlar las arvenses y pastos para que no cubran los pequeños árboles. Este control puede hacerse con machete, guadaña o con la aplicación de herbicidas. Cuando la planta alcanza entre 70 y 80 cm de altura, el control de malezas es más sencillo y menos urgente.

Es imperativo que las áreas con SSPi utilicen la división de potreros para manejar la rotación de los mismos, con el objetivo de tener periodos de ocupación no mayores a tres días (preferiblemente 1) y periodos de descanso entre 42 y 46 días.

Sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con Botón de Oro: en este arreglo se establecen franjas o hileras con distancia entre 2 a 4 metros (las distancias menores se utilizan en climas cálidos y las mayores distancias se utilizan en climas medios y fríos). Aunque el botón de oro se puede propagar por semilla, el método más común de propagación es a través de estacas, las cuales pueden ser de 25 a 40 cm de longitud y aproximadamente de 1.5 a 2.5 cm de diámetro. Es vital que las estacas a plantar estén dentro de las 24 horas post cosecha, pues se deshidratan con gran rapidez y aumentan su mortalidad.

En las franjas establecidas, el botón de oro se puede sembrar siguiendo dos métodos: i) estacas inclinadas parcialmente enterradas y, ii) siembra a chorro o chorrillo con traslape.

Para someter el botón de oro a ramoneo se recomienda esperar que las plantas hayan logrado una altura de 1.8 metros, tamaño que lograrán entre 5 y 10 meses de la altitud de

la zona, condiciones climáticas (radiación solar, precipitación, temperatura, etc), y el manejo que haya tenido durante su siembra y crecimiento (fertilización, control de arvenses, riego, etc).

Indispensable la división de potreros y la rotación para el manejo del SSPi, garantizando la producción tanto de pasto como del botón de oro y la duración del cultivo.

Cercas vivas: son líneas de árboles usados en lugar de los postes muertos (madera, cemento, etc), que se utilizan para sostener el alambre de púas o liso (electrificado) que llevan los linderos del predio o divisiones internas del mismo.

Para el establecimiento de las cercas vivas se pueden usar plántulas, las cuales se deben proteger del ganado durante su fase de crecimiento. También, es común usar estacas de 2.5 metros de longitud, de varias especies de árboles. La selección de la especie a utilizar está en función de su distribución altitudinal.

En general, las cercas vivas se pueden agrupar en dos categorías: i) cercas vivas simples: compuestas por una sola especie de árbol. La más conocidas son aquellas con matarratón (*Gliricidia sepium*), la cual, además de su función como poste, sirve de alimento para los animales; ii) cercas vivas multiestrato: estructuras más complejas compuestas por dos o más especies de árboles de diversos tamaños y características (leña, frutos, forraje, etc).

División de potreros (rotación de praderas)

Objetivo de la medida: Gestionar óptimamente el recurso forrajero en cuanto a cantidad y calidad, a través del manejo de los periodos de ocupación y descanso de las pasturas.

Descripción de la medida: Instalación de cercas eléctricas (fijas y móviles) que dividan las praderas en varios potreros para facilitar el manejo de los animales y la recuperación de las pasturas.

Hipótesis de la implementación: Garantizar la disponibilidad de pasto en calidad y en cantidad durante todas las épocas del año, bajo diferentes condiciones de variabilidad y cambio climático.

Breve descripción metodológica de la implementación:

Esta medida conlleva a dividir la finca en numerosos lotes para que el ganado ocupe uno por un breve periodo (días), pasando al siguiente hasta regresar al potrero inicial, después de un intervalo de tiempo que le permita a las pasturas y leguminosas recuperarse, es decir, se pretende que la ocupación sea por periodos cortos, alternados con periodos de descanso largos.

El costo de la implementación puede ser alto cuando se utiliza el sistema tradicional con alambre de púas, utilizando entre tres y cuatro hilos. Afortunadamente, la cerca eléctrica (máximo dos hilos de alambre liso) permite hacer estas divisiones a un costo considerablemente inferior, en cuanto a mano de obra e insumos.

Así como el potrero debe tener abundante pasto cuando van a ingresar los animales, también debe presentar una buena cobertura a la salida de los mismo, ya que las hojas permitirán la fotosíntesis, promoviendo el crecimiento del cultivo.

No hay una regla exacta sobre el número y tamaño ideal de los potreros para la rotación pues esto depende de diferentes factores como son: tamaño de la finca, topografía y disponibilidad de agua para la bebida de los animales. Sin embargo, el objetivo al dividir los potreros es que el tiempo de ocupación sea corto, ideal de un día y nunca superior a cinco; entre tanto, es deseable que el periodo de descanso sea largo. Este periodo de recuperación de la pradera está en función de la especie o especies forrajeras que se tengan. Por ejemplo, para el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) cuya distribución va desde los 0 hasta los 2,000 ms.n.m, requiere periodos de descanso que van desde los 27 hasta 35 días. Por su parte el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cuya distribución altitudinal está entre los 1,500 y 2,500 ms.n.m, requiere entre 45 y 60 días para recuperarse. Obviamente, si el crecimiento de las gramíneas y leguminosas que conforman la pradera están en función de las lluvias de la zona, los periodos de descanso serán mayores en las épocas secas.

Cuando se utiliza la cerca eléctrica y hay la posibilidad de abrir diariamente el espacio en que los animales pastorearan, es importante conocer la cantidad de forraje verde (aforos) que ofrecen los potreros y así estimar el área a abrir y la cantidad de animales que puede soportar. En la tabla 37 se presenta una breve estimación de posibles áreas a pastorear en función de los animales.

Tabla 37. Estimación de consumo diario (forraje verde) y áreas necesarias para pastorear.

Peso vivo animal	Consumo FV animal/d*	Producción pasto kg/m ²	Oferta pasto al día (m ²)	Número de animales	Área para pastorear (m ²)	Área para pastorear (ha)
100	12	0.25	48	10	480	0.48
		0.5	24	10	240	0.24
		1	12	10	120	0.12
		1.5	8	10	80	0.08
200	24	0.25	96	10	960	0.96
		0.5	48	10	480	0.48
		1	24	10	240	0.24
		1.5	16	10	160	0.16
300	36	0.25	144	10	1440	1.44
		0.5	72	10	720	0.72
		1	36	10	360	0.36
		1.5	24	10	240	0.24
400	48	0.25	192	10	1920	1.92
		0.5	96	10	960	0.96
		1	48	10	480	0.48
		1.5	32	10	320	0.32

*Se estima que los animales (bovinos) consumen el 12% de su peso vivo en forraje verde.

Bebederos inteligentes

Objetivo de la medida: Suministrar agua a los animales, de forma eficiente y continua, para el consumo directo en los sitios destinados al pastoreo (potreros). A la par, evitar el encharcamiento de los potreros por las aguas residuales que dejan los bebederos convencionales.

Descripción de la medida: la implementación de estos bebederos reduce los desplazamientos largos del ganado, disminuye el tiempo, estrés y gasto energético asociado con las caminatas para buscar el líquido. Adicionalmente, disminuye las pérdidas de forraje en los potreros ocasionadas por el pisoteo de los animales.

Hipótesis de la implementación: El suministro continuo de agua en los potreros permitirá a los animales contrarrestar los efectos adversos de variables climáticas como la temperatura y radiación solar, permitiendo a los bovinos permanecer en confort térmico. Adicionalmente, impedirá el ingreso de los animales a las fuentes hídricas, mitigando todos sus efectos.

Breve descripción metodológica de la implementación:

Instalar bebederos para el ganado, livianos y con facilidad para ser transportados, permite suministrar agua de buena calidad a los animales y evita el ingreso de los animales a las fuentes hídricas. Estos bebederos pueden construirse a partir de diferentes materiales (llantas, plástico, etc), en todos los casos deben tener flotadores o boyas que ayuden a racionalizar el uso del agua de manera automática.

La cantidad de bebederos a instalar estará en función del tamaño de los potreros, el tamaño de los recipientes y el número de animales que se tienen en el lote, de tal manera, que sean suficientes para el suministro adecuado del líquido (agua); por lo tanto, deberán estar ubicados de tal forma que se asegure su funcionalidad. Por lo general, los bebederos se ubican debajo de un árbol o en un lugar que haga sombra para que siempre estén frescos. Por su parte, la válvula con flotador de control de nivel que impide el desbordamiento del agua del recipiente (este flotador que controla el flujo de entrada del agua debe estar oculto o protegido para que no pueda ser dañado por el ganado), evitará el encharcamiento de los potreros (zona plana) y las remociones masales (zonas de ladera).

A continuación, se presentan algunas características que deben tener estos bebederos:

- Debe haber suficientes y estar ubicados al alcance de todos los animales.
- El agua debe ser abundante y de buena calidad.
- Deben tener una altura adecuada y que no se rebosen.
- Deben ser firmes, fáciles de limpiar y de desinfectar (en ese lugar también beben las crías recién nacidas).

Recomendación: Si se están utilizando potreros pequeños mediante la cerca eléctrica, lo más probable es que se requiera de un solo bebedero para suplir las necesidades hídricas del lote. Por el contrario, sí los potreros son extensos y con algún grado de pendiente se

podría pensar en utilizar dos o más recipientes, con lo que se evitaría largos desplazamientos y aglomeraciones de los animales en zonas peligrosas, evitando el rodamiento de estos.

Manejo del hato por zonas

Objetivo de la medida: planificar el manejo del hato por zonas en el predio con el fin de hacer un uso sostenible de los recursos naturales en los que se sustenta.

Descripción de la medida: Para manejar el hato bovino por zonas específicas del sistema productivo, es necesario conocer la etología de los animales, sus requerimientos y variación durante el ciclo productivo y las características propias del predio. Por lo tanto, es primordial definir: i) objetivo del sistema productivo (cría, levante, ceba, etc); ii) requerimientos de las distintas categorías animales (terneros destetos, terneros de levante, novillos); iii) períodos críticos del ciclo productivo; iv) topografía de la finca, v) características de los suelos, forrajes y aguas del predio y vi) condiciones climáticas de la zona.

Hipótesis de la implementación: al manejar el hato bovino de acuerdo a las características edáficas, climáticas y topográficas de los sistemas de producción, se obtendrán los siguientes resultados: i) maximizar la eficiencia en el uso de los recursos naturales que ofrece la finca; ii) maximizar la eficiencia en el manejo de los animales; iii) maximizar la mano de obra disponible y, iv) aumentar la producción de carne.

Breve descripción metodológica de la implementación:

A través del conocimiento del sistema productivo: topografía de la finca, disponibilidad de forraje, disponibilidad de agua, coberturas vegetales, grupos etarios de los bovinos, pesos de los animales, requerimientos nutricionales, número de potreros, clima, entre otros; el ganadero puede hacer un mapa como punto de partida en el que podrá observar el estado actual de su predio de acuerdo con los actuales usos; posteriormente, realizará una prospectiva de como desearía que su sistema de producción se desarrollara, logrando aumentar las ganancias por unidad de área (kg de carne/ha), pero al mismo tiempo conservando y mejorando los recursos naturales en los cuales se sustenta (suelo, agua, bosques).

El mapa del predio podrá construirse de diferentes maneras: i) a través de un plano a mano alzada el cual se basa en el conocimiento del propietario o mayordomo, ii) mediante fotografías aéreas que pueden ser proporcionadas por vuelos con drones, iii) imágenes satelitales, iv) polígonos con las coberturas vegetales del predio. Este insumo puede conseguirse con el geovisor de la CVC <https://geo.cvc.gov.co/portal/apps/sites/#/portal-geocvc>

Reemplazo del uso de ivermectinas

Objetivo de la medida: promover la presencia de coprófagos en el suelo con el fin de que cumplan su función ecológica.

Descripción de la medida: la elevada proporción de metabolitos activos de la droga (ivermectina) encontrados en la materia fecal de los bovinos, interfiere en la colonización y degradación de las heces, por lo tanto, el uso de otro tipo de antiparasitarios permitirá que los escarabajos cumplen una función ecológica y sanitaria importante en las zonas ganaderas. Al tener una población elevada de coprófagos en el suelo se podrá enterrar el estiércol, destruyendo patógenos para los animales (huevos, larvas de moscas y algunos parásitos del ganado que también dependen de este recurso para reproducirse); removiendo gran cantidad de tierra para introducir el estiércol, con lo que se incrementa la permeabilidad y aireación del suelo, mejorando así su calidad física, lo cual se traduce en mayor rendimiento del pasto.

Hipótesis de la implementación: al reemplazar el uso de ivermectinas como antiparasitarios en los bovinos, por otros productos que no tengan efectos adversos sobre la fauna del suelo (coprófagos), se aumentará el proceso de degradación de excrementos en el suelo, aumentando su fertilidad.

Breve descripción metodológica de la implementación:

Los ganaderos deben pasar del uso desmedido de medicamentos a un manejo integral sanitario basado en el diagnóstico, asesoría profesional y la investigación sobre nuevas opciones para el control de los parásitos.

Es de vital importancia entender que las infestaciones no se presentan de forma aislada (solo garrapatas o solo mosca de los cuernos); si no, se exhiben simultáneamente, afectando diversos sistemas orgánicos y perjudicando la productividad de los bovinos.

Para los parásitos internos, a medida que crece el animal, su sistema inmunológico se hace más resistente a los parásitos. Por lo tanto, el tratamiento se debe enfocar en bovinos menores de 24 meses. En cuanto a los parásitos externos, se debe emplear el tratamiento selectivo, por ejemplo, el 80 % de las garrapatas están en el 20 % de los animales, con lo cual, se deben aislar y tratar esos individuos con mayor número de garrapatas, para evitar que los otros se infecten (cuando observen que un animal tiene más de 20 garrapatas, es una señal para actuar y bañarlo).

Es recomendable disminuir la aplicación de los medicamentos porque los parásitos, tanto internos como externos, pueden generar resistencia. Esto hace que la efectividad de los antiparasitarios disminuya con el paso del tiempo.

En concordancia con lo anterior, en el blog de contexto ganadero (<https://www.contextoganadero.com>) aparecen una serie de consejos para hacer un control integrado de parásitos:

1. Crear plan sanitario.
2. Antiparasitar los bovinos en edades tempranas.
3. Controlar los parásitos externos e internos con verificación a cada animal.
4. Usar antiparasitarios bajo la asesoría de un médico veterinario.
5. No repetir el mismo antiparasitario. No solo se debe cambiar el nombre del producto si no el principio activo para no crear resistencia.

Adicionalmente, un factor muy importante dentro del manejo sanitario de los hatos ganaderos es proporcionar a los animales una buena alimentación, que contribuya a las defensas del bovino y lo ayude a combatir todos los parásitos que puedan afectarlo.

Finalmente, en un contexto de globalización en donde Colombia tiene tratados de libre comercio con diferentes países, los productores que quieran apostarle a la exportación de sus productos (carne o leche), deben pensar en que estos deben tener el mínimo de residuos permitido, algo que no se puede lograr si se usan los medicamentos de forma exagerada.

Uso de especies menores (cabras y ovejas)

Objetivo de la medida: integrar en los sistemas de producción bovinos otras especies (cabras y/u ovinos) promisorias que generen ingresos importantes para los ganaderos y a la vez reduzcan los impactos sobre los recursos naturales (suelo, agua, aire).

Descripción de la medida: en Colombia, existen muchas tierras dedicadas actualmente a la ganadería que no deberían usarse para esta actividad, esto hace referencia en especial a tierras de fuerte pendiente (>30-40°), en donde es muy difícil, y en algunos casos prácticamente imposibles, evitar la erosión.

La ganadería basada en los pequeños rumiantes es una opción para reconsiderar, ya que por su tamaño genera menos impactos sobre el suelo, requiere menores gastos de mantenimiento, tiene buenas expectativas de mercado y se integra bien en los modelos de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Dentro de las características de estos sistemas basados en especies menores se encuentra:

- ✓ Menor nivel de inversión y costos de producción comparados con los bovinos
- ✓ Flexibilidad de instalaciones y manejo
- ✓ Rápido crecimiento del inventario ganadero
- ✓ Valor y demanda de los productos
- ✓ Mayor capacidad de carga por unidad de área

Hipótesis de la implementación: el uso de especies menores generará ingresos importantes para los ganaderos, en un mercado relativamente nuevo para la zona. Al mismo tiempo, el impacto sobre los recursos naturales se reducirá, por ejemplo, las huellas de carbono e hídricas serán menores y los problemas de compactación por el pisoteo de los animales se reducirán, teniendo mayor relevancia en las zonas de ladera ya que muchos sistemas ganaderos actuales se encuentran sobre ecosistemas frágiles.

Breve descripción metodológica de la implementación:

La ganadería bovina debe excluirse de áreas en donde los impactos ambientales son altos y la productividad es baja. En estas zonas pueden implementarse sistemas agropecuarios sostenibles, por ende, la inclusión de especies menores (ovinos y/o caprinos) integradas a los sistemas ganaderos existentes, basados en animales de gran tamaño (bovinos) que, de acuerdo a las características del terreno (pendiente) y el manejo dado por el ganadero (carga animal, grupos etarios, zonificación del predio), puede tener efectos adversos sobre algunos recursos naturales (suelo, agua, coberturas vegetales, aire).

Este tipo de integración puede iniciarse en las zonas de la finca que presente mayores pendientes (>30 – 40°) con el fin de generar menor impacto sobre el suelo a causa del pisoteo de los animales. Adicionalmente, las pérdidas de animales grandes (bovinos) por rodamiento, se reducirían considerablemente.

Cosecha de agua

Objetivo de la medida: Sostener el suministro de agua durante las épocas de sequía para suplir los requerimientos hídricos del sistema de producción (agua para los animales, cultivos y servicios).

Descripción de la medida: Implementación de sistemas integrados para la gestión del recurso hídrico en sus fases de cosecha, almacenamiento, tratamiento, distribución y acceso por parte de las personas, animales, cultivos y procesos.

Hipótesis de la implementación: A través de instalaciones que permitan capturar, almacenar, tratar y distribuir el recurso hídrico, los eslabones de producción, acopio y transformación de la cadena láctea, tendrán la capacidad de suplir los déficits de agua durante las épocas de sequías, ocasionadas por el cambio y la variabilidad climática.

Breve descripción metodológica de la implementación:

A partir de la información climática de la zona de intervención y teniendo en cuenta los posibles escenarios del clima cambiante (variabilidad y cambio climático), se podrá estimar los meses de déficit hídrico en donde los animales y cultivos estarán expuestos a las inclemencias del clima. Esta información será el punto de partida establecer el caudal de diseño y determinar la dimensión del reservorio. Es ideal evaluar la escorrentía e infiltración del suelo.

Para la ubicación del reservorio se seleccionan zonas que no evidencien movimientos del suelo. Es recomendable seleccionar sitios dentro de la finca donde se generen mayores caudales por escorrentías durante las lluvias, en lo posible en la parte más alta de la finca, para aprovechar la conducción del líquido por gravedad.

Para la impermeabilización del reservorio se puede utilizar geomembrana de polietileno de alta densidad. Se hace la instalación teniendo en cuenta la geometría y las recomendaciones técnicas del fabricante, garantizando el cubrimiento total del reservorio. Otra opción es impermeabilizar con varias capas de arcilla, la cuales se van compactando y secando entre cada capa. Es necesario establecer un rebose como aliviadero para

garantizar la evacuación de excesos de agua una vez esté lleno y durante la operatividad de este.

Es importante cercar y controlar el acceso a animales que puedan generar daños o accidentes al reservorio. Se recomienda que, en su perímetro, se establezca material vegetal para la estabilización y acciones de recuperación ecológica lo que disminuye la evapotranspiración y aporta en el embellecimiento del área.

5.2.2 Medidas de manejo para cultivos

Las prácticas de conservación de suelos en cultivos agrícolas tienen como objetivos principales mejorar las condiciones de producción, mejorar la resistencia de los suelos a la erosión y disminuir o anular el efecto de los factores que favorecen la erosión (CORPOICA, 1998).

Entre los beneficios de las prácticas de conservación se encuentran:

- ✓ Amortiguar el impacto de las gotas de lluvia.
- ✓ Disminuir y/o encausar el agua de escorrentía.
- ✓ Mejorar la retención y movimiento de agua en el suelo
- ✓ Mejorar la estructura del suelo con materia orgánica
- ✓ Aumentar la cantidad y aprovechamiento de los nutrientes por las plantas.
- ✓ Mitigar los efectos causados por la erosión, tales como corrección de cárcavas y derrumbes y recuperación de zonas erosionadas.

A pesar de que en la zona de estudio los procesos erosivos en cultivos no fueron tan evidentes, como en el caso de la ganadería, es importante fomentar las prácticas de conservación de suelos, teniendo en cuenta que la erosión es un proceso cuyos efectos se reflejan a largo plazo y que la recuperación de zonas degradadas es muy lenta.

Es importante resaltar que, previo a la definición de medidas de manejo en cultivos, es necesario determinar la vocación o el uso potencial de los suelos de las fincas donde se identificaron estos cultivos; en este sentido, de acuerdo al uso potencial de los suelos del área de estudio y su relación con la pendiente (Tabla 1 del apartado 2.2.2), es necesario realizar una zonificación de las fincas, donde las zonas con pendientes superiores al 50% sean destinadas a la conservación y protección de los recursos naturales, y en pendientes inferiores a este 50% se fomenten las prácticas de conservación.

De esta manera, entre las prácticas recomendadas se encuentran: las coberturas vegetales, siembras en contorno, fajas y barreras vivas, las cuales disminuyen la velocidad y la energía del agua de escorrentía, mejoran la infiltración y disminuyen el arrastre del suelo. Por su parte, las rotaciones de cultivos y los abonos verdes buscan equilibrar la fertilidad del suelo.



Coberturas vegetales

Se considera que es la práctica de conservación más eficiente en la protección del suelo contra la erosión. Consiste en mantener el suelo cubierto con plantas con sistema radical

superficial o raíces profundas, pero no fasciculadas como las arvenses nobles, llamadas así por su bajo grado de interferencia con el cultivo, poca altura y gran capacidad de cubrimiento (Hincapié & Salazar, 2007).

Entre los beneficios del mantenimiento de coberturas vegetales, se encuentra que:

- ✓ Amortiguan el impacto de lluvia
- ✓ Disminuyen la velocidad del agua de escorrentía
- ✓ Mejoran las condiciones físicas y químicas para el cultivo posterior (Abonos verdes-aumento de M.O.)
- ✓ Amarran el suelo
- ✓ Aumentan la porosidad
- ✓ Mejoran las condiciones de agregación, estabilidad y la relación aire – agua del suelo.

Este tipo de práctica se observó en los cultivos de cítricos identificados en la zona de estudio.



Siembras en contorno

Es la disposición de las hileras del cultivo a través de la pendiente, en función de las curvas de nivel del terreno. Esta práctica contribuye a disminuir la escorrentía del agua y el arrastre del suelo. La técnica se basa en que cada surco o hilera del cultivo se opone al paso del agua de lluvia, disminuyendo la velocidad de la corriente de agua y el arrastre del suelo.



Rotación de cultivos

Las rotaciones se definen como sucesiones recurrentes y más o menos regular de diferentes cultivos en el mismo terreno. Esta práctica contribuye de modo eficaz a controlar la erosión y a mantener la productividad de los terrenos (mejora la fertilidad del suelo y aumenta la resistencia de los cultivos al ataque de las plagas, enfermedades y malezas) (Instituto Nacional de Formación Profesional & Escuela Agrícola Panamericana, 2012).



Manejo de coberturas muertas (Mulch)

Este tipo de práctica puede tener un efecto conservador en la humedad en el suelo, ya que indirectamente disminuye la temperatura de la capa superficial, lo que da como resultado una menor evaporación, además de los aportes por de materia orgánica por la hojarasca (Farfán Valencia & Jaramillo Robledo, 2009).

Este tipo de práctica se observó en los cultivos de café identificados en la zona de estudio.

5.2.3 Definición del predio donde se llevará a cabo el piloto con las medidas de manejo para ganadería

Según los aspectos tenidos en cuenta para la selección del predio, se consideró que la finca Magallanes cumple con las características requeridas y mencionadas en el apartado anterior (5.1.3), para la implementación del piloto con prácticas sostenibles de manejo del suelo.

Dado lo anterior, se programó una visita de reconocimiento a la finca Magallanes, el 2 de diciembre de 2021 con el equipo de trabajo: el profesor Enrique Torres, el ingeniero Richard Lasprilla, el zootecnista PhD. Raúl Molina y el ingeniero Delmar Montoya (representante de la empresa BIODISS), para el levantamiento de información requerida para el diseño del piloto con las prácticas de manejo a implementar.

De esta manera, en la finca Magallanes se reconocieron 3 predios (Figura 43) con las siguientes características:

- Pendientes moderadas
- Visibilidad de los predios desde la carretera
- Áreas de bosque y/o nacimientos desprotegidos
- Procesos erosivos
- Disponibilidad del recurso hídrico



Figura 42. Delimitación de predios para definición del piloto. Finca Magallanes, Riveralta – La Victoria
Fuente de la imagen: Google satélite

Predio El Castillo 1

El predio cuenta con una topografía de pendientes moderadas, un área de 5610,39 m², vegetación densa de pasto, tiene aislamiento de bosque y cuenta con un pozo séptico. Además, posee un corral de manejo donde se realizan múltiples actividades como marcación del ganado, vacunación y se reciben los bovinos nuevos que entra al predio



Figura 43. Finca Magallanes-Predio El Castillo 1, diciembre 2 del 2021

Predio El Castillo 2

El predio tiene un área de 6556,49 m², no presenta protección a las fuentes de agua, pero si a los bosques, su topografía es de pendientes moderadas y altas.

Predio Mistrato

Este predio contiene una superficie de 18628,04 m², con pendientes moderadas. Según lo observado, el predio contiene áreas de bosques y nacimientos sin protección.

Por otra parte, dentro de su área se evidenció un proceso de remoción en masa o golpe de cuchara (Figura 45), el cual puede estar asociado al constante escurrimiento de agua desde un bebedero que no tiene la tecnología suficiente que permita la regulación del agua (Figura 46).



Figura 44. Proceso erosivo: Golpe de cuchara. Finca Magallanes-Predio Mistrato, diciembre 2 del 2021.



Figura 45. Finca Magallanes- Predio Mistrato, diciembre 2 del 2021

De acuerdo con lo anterior, se seleccionó el predio Mistrato de la finca Magallanes, para realizar el diseño del piloto con medidas de manejo a implementar.

5.1.4 Implementación del piloto

Definición de medidas de manejo y diseño del piloto

Según las características del predio Mistrato, se definieron las siguientes medidas de manejo a implementar:

- División del predio Mistrato en dos lotes (Lotes 1 y 2 diferenciados en la Figura 47). Para esto se utilizó el matarratón (*Gliricidia sepium*) como cerca viva, con distancia entre planta de 2m, con el propósito de garantizar la disponibilidad de pasto y forraje tanto en calidad como cantidad durante las épocas de año.
- En el **lote 1** (Figura 47) se plantaron dos líneas de botón de oro.
- Con el objetivo de contrarrestar el proceso erosivo de golpe de cuchara, en el **lote 2** (Figura 47) se establecieron tres líneas de botón de oro de la siguiente manera: en la línea 1 y 2, por cada tres plantas de botón de oro se implementó una planta de matarratón; en la línea 3 por cada cuatro botón de oro se sembró una planta de matarratón.

Lo anterior, con el propósito de que las plantas, además de servir como fuente de alimento para los animales, sirvan para amarrar el suelo y así poder estabilizar el problema del golpe de cuchara.

Las plantas de botón de oro (*Ranunculus acris*) sembradas en los **lotes 1 y 2** (Figura 47), se establecieron a curvas de nivel con un diseño de siembra (0.75 x 3m).

- Aislamiento de bosques con cercos de alambre de púa y una línea de alambre acerado o galvanizado totalmente energizado.
- Establecimiento de dos bebederos inteligentes y móviles que permitan tener disponibilidad del recurso hídrico al ganado de una forma fácil y rápida. Además, ayuda a evitar el encharcamiento de los potreros que ocasionan los bebederos convencionales.
- Rotación de potreros, que facilitará el manejo de los animales y la recuperación de las pasturas.

En la Figura 47 se presenta el diseño del piloto a implementar.

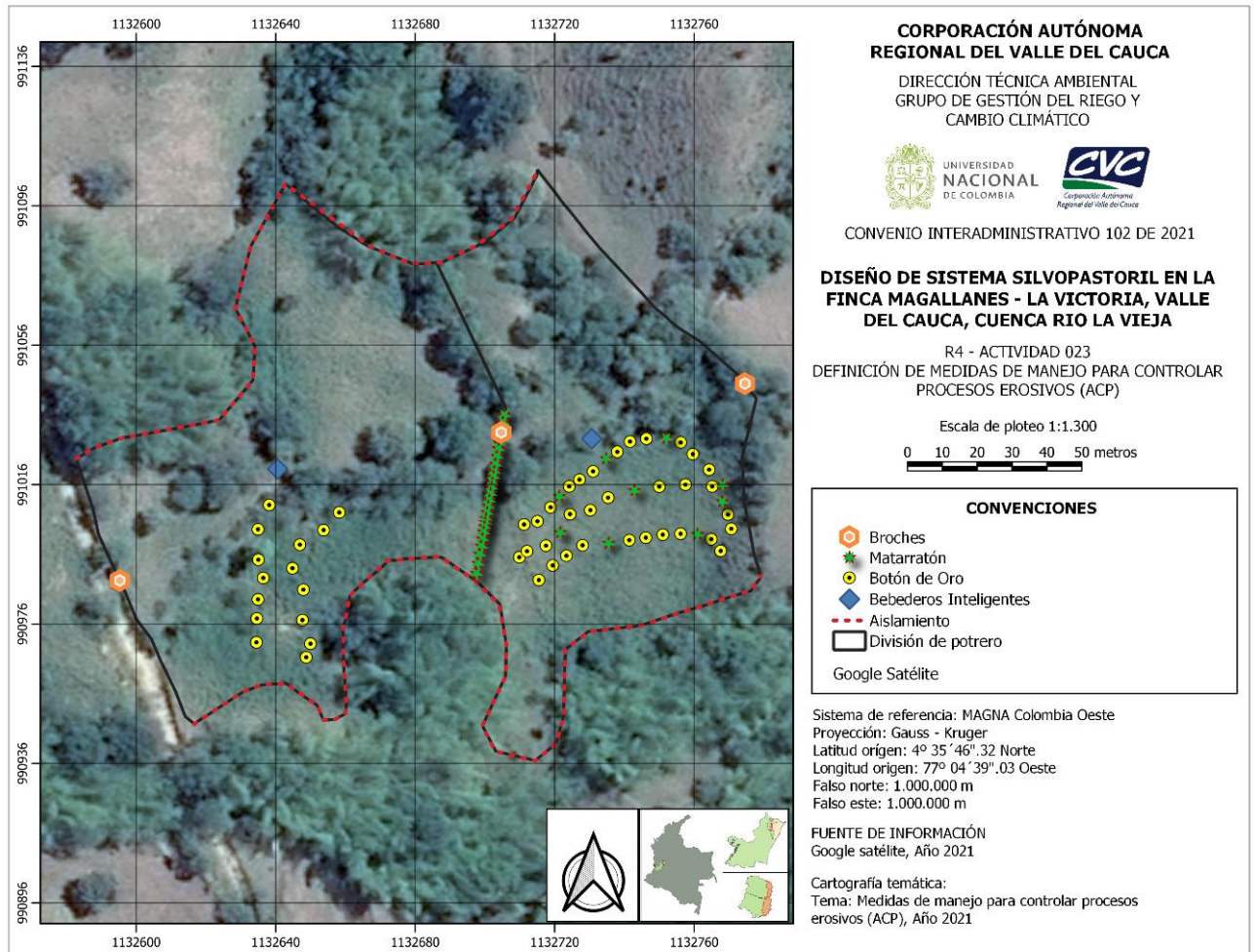


Figura 46. Diseño del PILOTO con las prácticas de manejo a implementar, La Victoria Valle del Cauca, Fuente de imagen, Google satélite.

Acuerdo con el propietario

Con el fin de formalizar la ejecución del piloto, se firmó un acuerdo entre la Universidad Nacional y los propietarios del predio Mistrato, donde la Universidad Nacional se comprometió a la verificación y entrega de la implementación del piloto, y los propietarios del predio se comprometieron a conservar las obras implementadas, controlar el ingreso del ganado, permitir el acceso al predio a la Universidad, contratistas de obra y a visitantes para generar impacto y contribuir en los conocimientos de la comunidad.

En el acuerdo también quedaron plasmados las especificaciones y el diseño de la implementación. El oficio firmado se presenta en el **Anexo 8**.

Ejecución de la obra

La empresa BIODESS realizó entrega de la obra el día 16 de marzo del 2022. El Ing. Richard Lasprilla Velasco en acompañamiento del Ing. Delmar Montoya (representante de BIODESS) y del señor Juan Carlos Buitrago (propietario de la finca Magallanes) realizaron una inspección de la obra, verificando que la empresa BIODESS haya dado cumplimiento a las actividades dispuestas en la orden contractual (OSE N°36) y que los materiales, insumos y la ejecución cumplen con las características pactadas. En el **Anexo 9** se presenta el informe de verificación y entrega de la obra.

En la Figura 48, se presentan fotografías como evidencia del cumplimiento de la empresa BIODESS a los acuerdos, materiales e insumos pactados.



Figura 47. Evidencia fotográfica del cumplimiento de la obra por parte de la empresa BIODISS.

6. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Actividad

e. Analizar los resultados obtenidos y generar informe con la definición de medidas de manejo para controlar procesos erosivos en zonas priorizadas, con sus respectivos anexos cartográficos digitales.

6.1 Metodología

En este apartado se presentará el análisis estadístico de los resultados de laboratorio obtenidos para las muestras de suelos, agua y foliares planteadas en el apartado 3.1.3. El procesamiento estadístico de la información se realizó con la asesoría de la Ingeniera Química MSc. Karen Martínez de la Universidad del Valle, quien cuenta con experiencia en análisis estadístico empleando el software estadístico MINITAB 2017.

6.1.1 Análisis de suelos destinados a ganadería

Para los resultados de las propiedades físico-químicas de suelo que influyen en el cálculo de la erodabilidad (obtenidos del muestreo de suelos descrito en el apartado 3.1.3), se realizó análisis de varianza tomando como factores: grado de erosión, rango de pendiente, consociación y orden de suelo. Dicho análisis se realizó de manera individual para cada factor, dado que el diseño utilizado no era balanceado, es decir que no se tenía el mismo número de datos para todos los factores, por lo que no fue posible analizar la interacción entre ellos.

Para las pruebas de comparaciones múltiples se utilizó la prueba de Games-Howell, la cual toma como supuesto inicial que las varianzas para los factores o grupos analizados no son iguales. Con el objetivo de visualizar mejor los resultados, se elaboraron gráficos a partir de la media y la desviación estándar de las propiedades que presentaron diferencias significativas. Las barras que presenten diferente letra (A, B o C) son significativamente diferentes.

Por otra parte, se realizaron correlaciones entre las propiedades físicas y químicas de suelo obtenidas en laboratorio, incluyendo el Factor K, con el fin de identificar las variables más influyentes en este. Para lo anterior se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson.

6.1.2 Análisis de suelos destinados a cultivos

En este caso, se realizó el mismo análisis de varianza utilizado para los suelos destinados a ganadería, a diferencia que en este caso no se analizó el factor grado de erosión, ya que no se tuvo en cuenta en el diseño de muestreo. Asimismo, se utilizó la prueba de Games-Howell para la comparación de medias.

6.1.3 Análisis foliar

Para los macro y micronutrientes foliares evaluados, también se realizó el análisis de varianza y comparación de medias, utilizando la prueba de Games-Howell. En este caso se analizaron los factores grado de erosión y rango de pendiente.

6.2 Resultados

6.2.1 Análisis de suelos destinados a ganadería

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias en los casos donde se presentaron diferencias significativas, para las variables materia orgánica (MO)

conductividad hidráulica (K_s), densidad aparente (D_a), porosidad total, macroporos, mesoporos, microporos y el factor erodabilidad (K), teniendo en cuenta los factores grado de erosión, rango de pendiente, consociación y orden de suelo.

En la Tabla 38 se indican las propiedades de suelos que presentaron o no diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%.

Donde:

S.D. Sin diferencias significativas

C.D.S Con diferencias significativas

Tabla 38. Resultados por factor del análisis de suelos destinados a ganadería que presentan o no diferencia significativa.

Factor	K_s	MO	Densidad Aparente	Porosidad Total	Macroporos	Mesoporos	Microporos	Erodabilidad
Grado de erosión	S.D	C.D.S	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	C.D.S
Rango de pendiente	S.D	C.D.S	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	C.D.S
Consociación de suelo	C.D.S	C.D.S	C.D.S	C.D.S	S.D	S.D	C.D.S	C.D.S
Orden de suelo	S.D	C.D.S	S.D	S.D	S.D	S.D	C.D.S	S.D

Según lo presentado en la Tabla 38, la materia orgánica (MO) presentó diferencias significativas en todos los factores evaluados. Lo que indica que esta variable es afectada por los diferentes factores evaluados.

Respecto a la erodabilidad del suelo, se encontraron diferencias por grado de erosión, rango de pendiente y consociación de suelo, mientras que en el factor orden de suelo no se presentaron diferencias significativas.

En términos de consociación de suelos, fue donde se encontraron que la mayoría de las propiedades evaluadas presentaron diferencias, a excepción de los macro y mesoporos, mientras que, en orden de suelo, solo se encontraron diferencias en la materia orgánica y en los microporos.

A continuación, se presentan las gráficas de las propiedades que presentaron diferencias significativas.

▪ **Factor: Grado de erosión**

En el factor grado de erosión la materia orgánica y la erodabilidad presentaron diferencias significativas

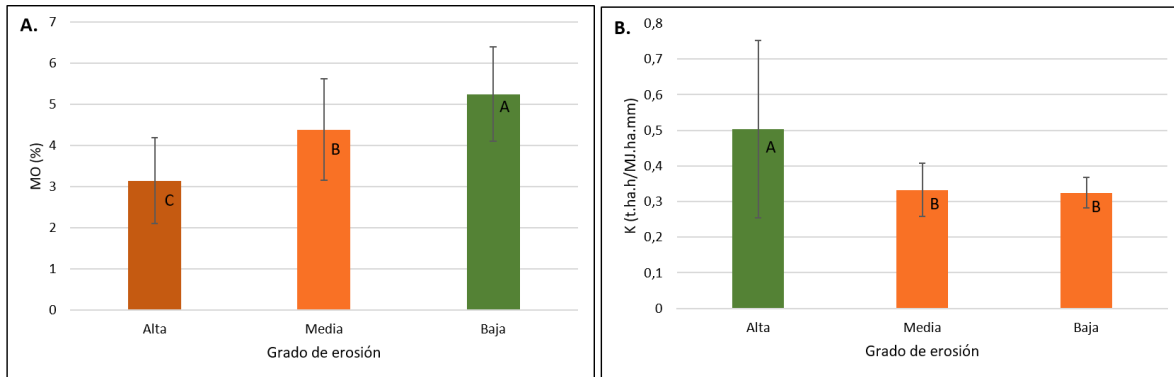


Figura 48. Diferencias significativas presentadas en : **A.** Materia orgánica (MO) en diferente grado de erosión y **B.** erodabilidad (K) en diferente grado de erosión.

Según lo observado en la Figura 49, la materia orgánica es significativamente diferente en todos los grados de erosión evaluados y es claro que existe una tendencia en la MO a disminuir a medida que aumenta el grado de erosión.

Por su parte, los valores más altos de erodabilidad se encontraron en el grado de erosión alta o suelo desnudo, y a su vez, fue significativamente diferente en relación a los grados de erosión medio y bajo.

▪ **Factor: Rango de pendiente**

En el factor rango de pendiente, la materia orgánica y la erodabilidad presentaron diferencias significativas, al igual que en el factor grado de erosión.

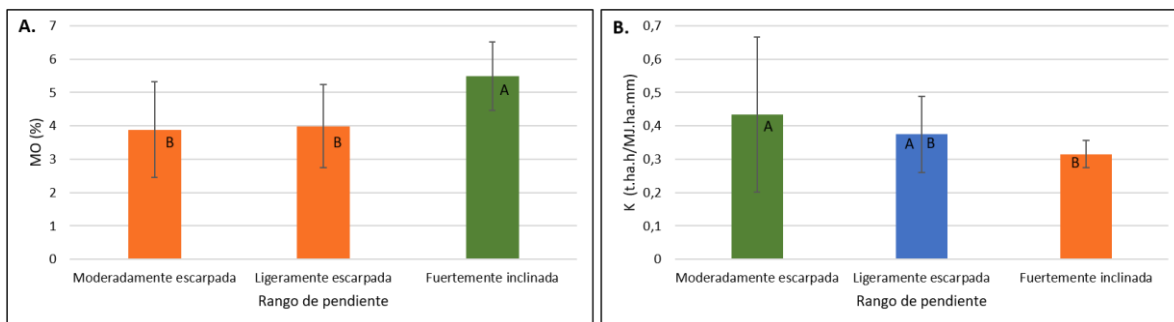


Figura 49. Diferencias significativas presentadas en : **A.** Materia orgánica (MO) en diferente rango de pendiente y **B.** erodabilidad (K) en diferente rango de pendiente.

Según lo observado en la Figura 50, la materia orgánica es significativamente diferente en las pendientes fuertemente inclinadas (<25%), mientras que en las pendientes ligera y moderadamente escarpadas (25 a >50%) no se presentaron diferencias significativas.

Respecto a la erodabilidad del suelo, se encontraron diferencias en las pendientes moderadamente escarpada y fuertemente inclinada, sin embargo, la pendiente ligeramente escarpada no fue significativamente diferente respecto a las demás.

Con base en lo anterior, los factores grado de erosión y rango de pendiente, están indicando que en los pastos de buena cobertura y en los pastos con pata de vaca, los suelos son igual de susceptibles a la erosión, sin embargo, esta susceptibilidad del suelo está fuertemente influenciada por la pendiente del terreno, coincidiendo con las limitaciones y uso potencial descritos en el apartado 2.2.2.

De esta manera, se puede inferir que el mayor impacto de la actividad ganadera se está generando en las partes más inclinadas de la ladera (pendientes >50%) y que es necesario encaminar acciones estratégicas que disminuyan dicho impacto.

- **Factor: Consociación de suelo (subgrupo)**

En el factor consociación de suelo, la materia orgánica, la densidad aparente, la porosidad total, la microporosidad y la erodabilidad del suelo presentaron diferencias significativas.

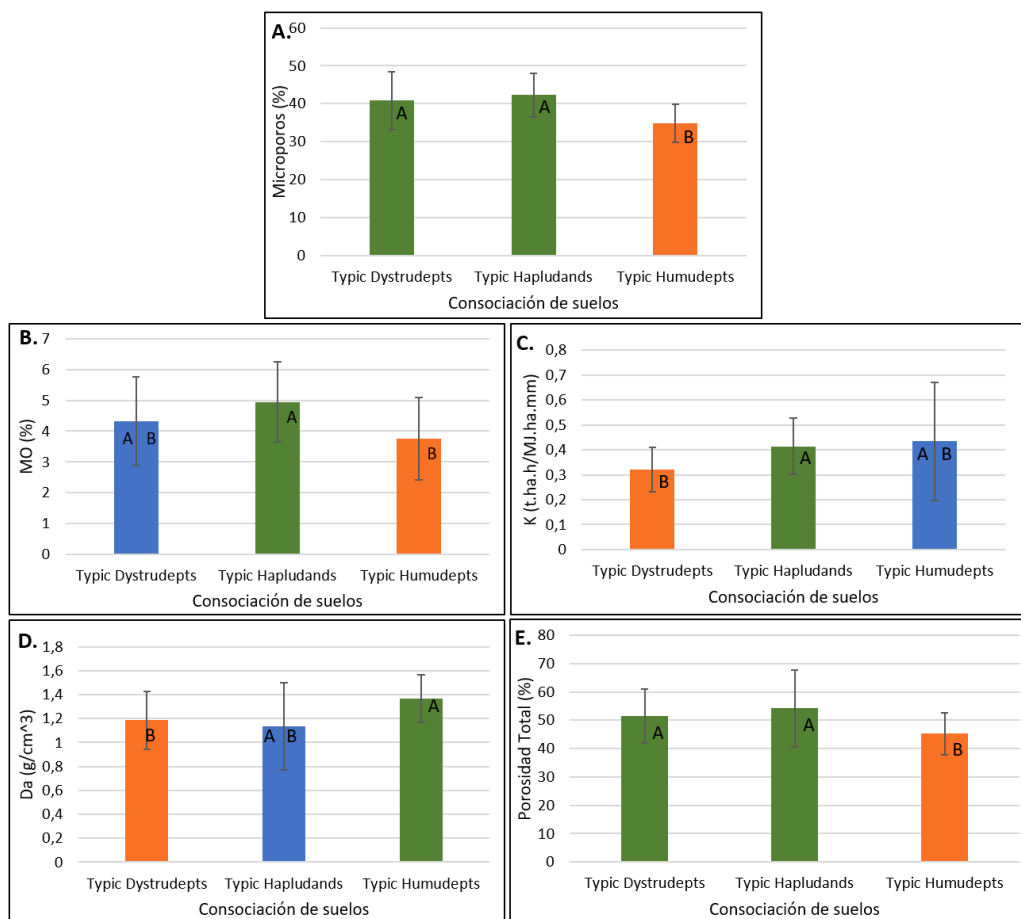


Figura 50. Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a cada consociación. A. Microporosidad, B. materia orgánica (MO), C. erodabilidad (K), D. densidad aparente (Da) y E. porosidad total.

Dentro de los suelos evaluados y con base en cartografía CVC (2015), se encontraron las consociaciones (o subgrupos) Typic Dystrudepts, Typic Hapludands y Typic humudepts.

Según lo observado en la Figura 51, las consociaciones Typic Dystrudepts y Typic Hapludands presentaron los valores más altos de porosidad total y microporos, y a su vez, fueron significativamente diferentes en estas propiedades con respecto a la consociación Typic humudepts.

Respecto a la densidad aparente, se observó una relación inversa con la porosidad y la materia orgánica, mientras que estas dos últimas propiedades presentaron una relación directa, es decir que en las consociaciones Typic Dystrudepts y Typic Hapludands donde el porcentaje de porosidad y materia orgánica fueron más altos, la densidad aparente fue menor en comparación con el Typic humudepts.

A pesar de lo anterior, no se presentaron diferencias significativas en las consociaciones Typic Dystrudepts y Typic Hapludands.

En términos de erodabilidad del suelo, se observó que el Typic Dystrudepts presentó los valores más bajos del factor K y es significativamente diferente al Typic Hapludands. Por su parte, el Typic humudepts presentó los valores más altos de erodabilidad, sin embargo, no es significativamente diferente a las otras dos consociaciones.

- **Factor: Orden de suelo**

En el factor orden de suelo, la materia orgánica y la microporosidad fueron las únicas propiedades que presentaron diferencias significativas. A diferencia de los otros factores, en este caso no se encontraron diferencias en la erodabilidad del suelo, indicando que, a nivel de orden, los suelos evaluados son igual de susceptibles a la erosión.

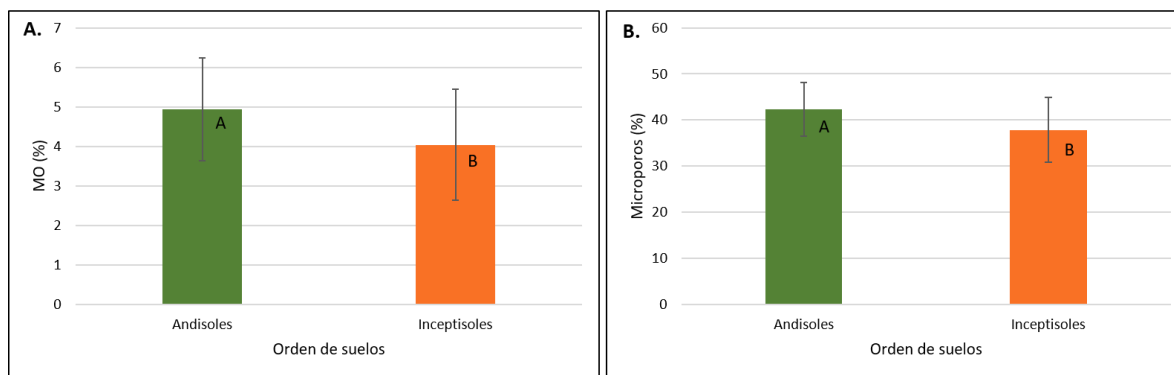


Figura 51. Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a orden de suelo. A. materia orgánica (MO) y B. microporos.

Según lo observado en la Figura 52, los suelos andisoles presentaron mayores contenidos de materia orgánica y microporosidad, siendo esta una característica propia de este orden, además de que presentan un alto potencial productivo, alta acumulación de carbono y nitrógeno, y alta capacidad de almacenamiento de agua, según lo citado por Hincapié Gómez et al. (2012).

❖ Correlaciones

A continuación, se presentan las correlaciones obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad para los suelos evaluados, destinados a ganadería. En rojo se señalan las correlaciones más altas que se encontraron.

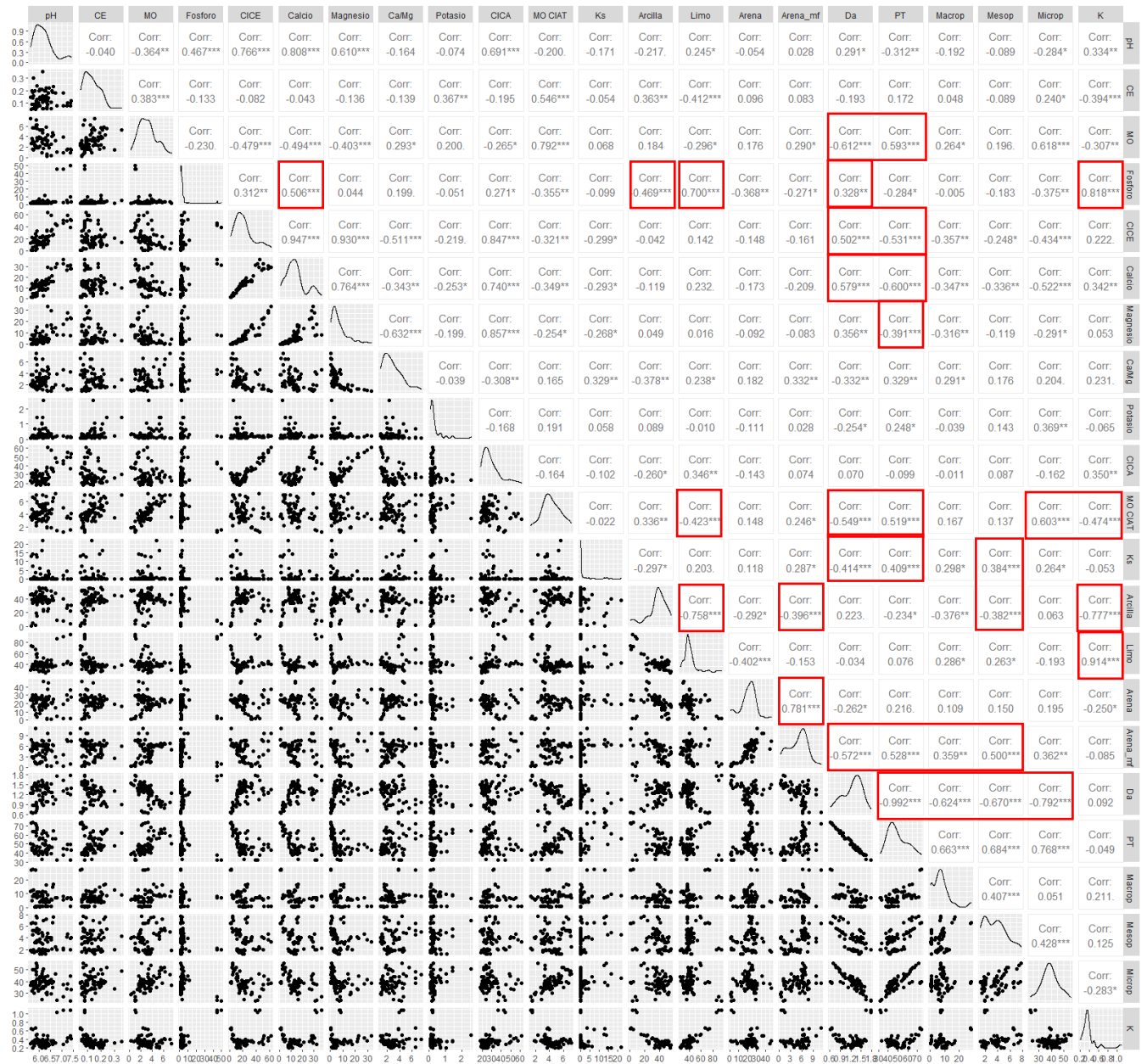


Figura 52. Presentación de las correlaciones obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad (k) para los suelos evaluados, destinados a ganadería. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 53, la erodabilidad del suelo presentó correlaciones altas y positivas (relación directamente proporcional) con el porcentaje de limos y el contenido de fósforo en el suelo, y correlaciones altas y negativas (relación inversamente proporcional) con los porcentajes de arcilla y materia orgánica.

Lo anterior coincide nuevamente con lo mencionado por González (1991), quien afirma que experimentalmente los suelos con mayor susceptibilidad a la erosión corresponden a las texturas con alta fracción de limos; mientras que las arcillas y la materia orgánica aumentan la cohesión del suelo, mejorando la estabilidad a los agregados y su estructura.

En este sentido, el fósforo presentó una correlación positiva con el contenido de calcio y el porcentaje de limos, y una correlación negativa con el porcentaje de arcilla, que, a su vez, presentó una relación inversa con los limos, las arenas muy finas y los mesoporos.

Respecto a la materia orgánica, se encontraron correlaciones positivas con la porosidad total y la microporosidad, y correlaciones negativas con el porcentaje de limos y la densidad aparente.

Por su parte, la densidad aparente presentó correlaciones negativas con la porosidad (macro, meso y microporos), las arenas muy finas, la materia orgánica y la conductividad hidráulica saturada (K_s); y correlaciones positivas con el contenido de fósforo, CICE y calcio. Estas correlaciones pueden justificar los valores tan bajos de K_s obtenidos en laboratorio (**Anexo 4**).

En lo que respecta a la porosidad total presentaron una correlación positiva con la K_s , y una correlación negativa con los contenidos de magnesio, calcio y CICE.

Finalmente, los mesoporos (encargados de la distribución del agua en el suelo) presentaron una correlación negativa con los contenidos de arcilla encontrados en los suelos evaluados.

En la Figura 54, se presenta un resumen gráfico de lo mencionado respecto a las correlaciones más altas encontradas.

Donde:

Cor(-): correlación negativa

Cor(+): correlación positiva

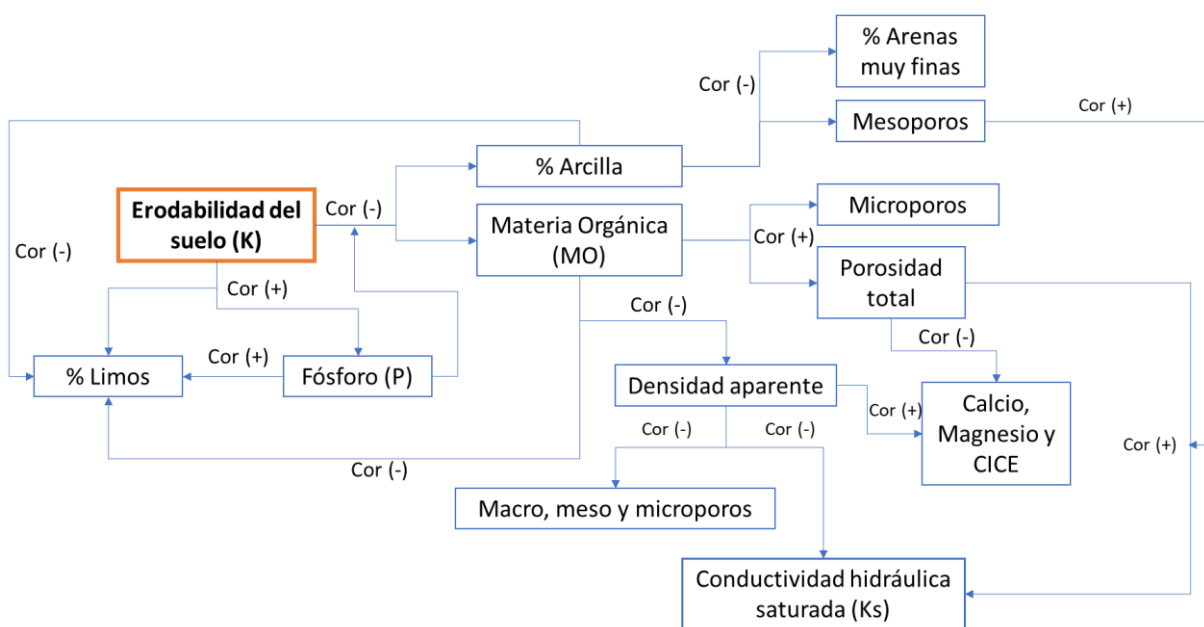


Figura 53. Dendrograma de las correlaciones más altas obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad (k) para los suelos evaluados, destinados a ganadería.

6.2.2 Análisis de suelos destinados a cultivos

Al igual que en el caso anterior (suelos destinados a ganadería), se realizó el análisis de varianza y comparación de medias para las mismas variables físico-químicas evaluadas, teniendo en cuenta los factores rango de pendiente, consociación y orden de suelo; en este caso no se tuvo en cuenta el factor grado de erosión ya que los procesos erosivos en áreas de cultivos no se evidenciaban a simple vista en campo.

En la Tabla 39 se indican las propiedades que presentaron diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%.

Donde:

S.D. Sin diferencias significativas

C.D.S Con diferencias significativas

Tabla 39. Resultados por factor del análisis de suelos destinados a cultivos que presentan o no diferencia significativa.

Factor	KS	MO	Densidad Aparente	Porosidad Total	Macroporos	Mesoporos	Microporos	K
Grado de erosión	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Rando de pendiente	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Consociación de suelos	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	C.D.S	C.D.S	S.D
Orden de suelo	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	C.D.S	C.D.S	S.D

Según lo observado en la Tabla 39. las únicas diferencias significativas se encontraron en los factores consociación y orden de suelos para las variables meso y microporos, las cuales se encargan de la distribución de agua en el suelo y de la capacidad de retención de agua en el suelo, respectivamente.

Por su parte, la erodabilidad de los suelos destinados a cultivos agrícolas no presentaron diferencias en los factores evaluados.

A continuación, se presentan las gráficas de las propiedades que presentaron diferencias significativas.

❖ Factores: Consociación y orden de suelo

En los factores consociación y orden de suelo (suborden) los meso y microporos presentaron diferencias significativas.

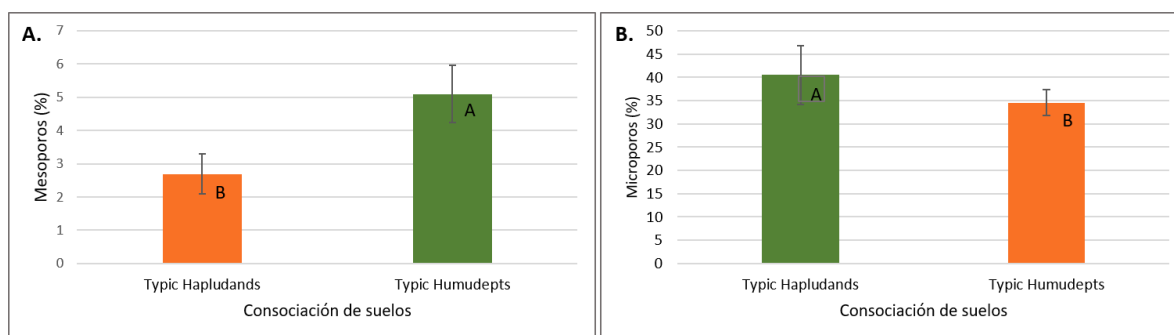


Figura 54. Diferencias significativas de las propiedades físicas a suelos destinados a cultivos respecto a consociación de suelos. A. mesoporos y B. microporos.

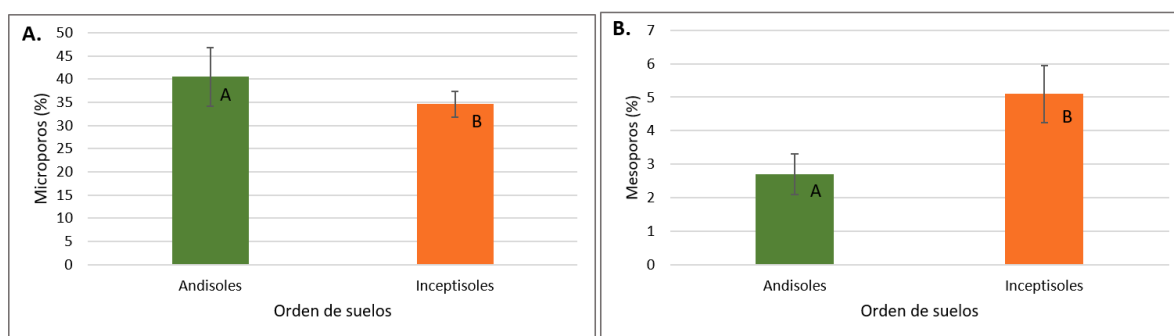


Figura 55. Diferencias significativas de las propiedades físicas a suelos destinados a cultivos respecto a orden de suelos. A. microporos y B. mesoporos

Según lo observado en las Figuras 55 y 56 los suelos Typic Hapludands (andisoles) presentaron los valores más bajos de mesoporos y los valores más altos de microporos, siendo significativamente diferentes respecto a los Typic Humidepts (inceptisoles).

El alto contenido de microporos en los suelos andisoles se puede relacionar con la alta capacidad de retención de humedad y almacenamiento de agua, lo cual es una de las características más representativas de estos suelos, según lo citado por Hincapié y Tobón (2012).

6.2.3 Diferencia entre usos de suelo actual: ganadería y cultivos

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias como en los casos anteriores, en este caso solo se analizó un solo factor: uso actual.

En la Tabla 40 se indican las propiedades que presentaron diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%.

Tabla 40. Propiedades físicas que presentan o no diferencias significativas entre el uso actual (ganadería y cultivos).

Factor	KS	MO	Densidad Aparente	Porosidad Total	Macroporos	Mesoporos	Microporos	K
Uso actual	C.D.S	S.D	S.D	S.D	C.D.S	S.D	S.D	C.D.S

Según lo observado en la Tabla 40, se encontraron diferencias significativas en la conductividad hidráulica saturada, macroporos y la erodabilidad del suelo.

A continuación, se presentan las gráficas de las variables que presentaron diferencias significativas.

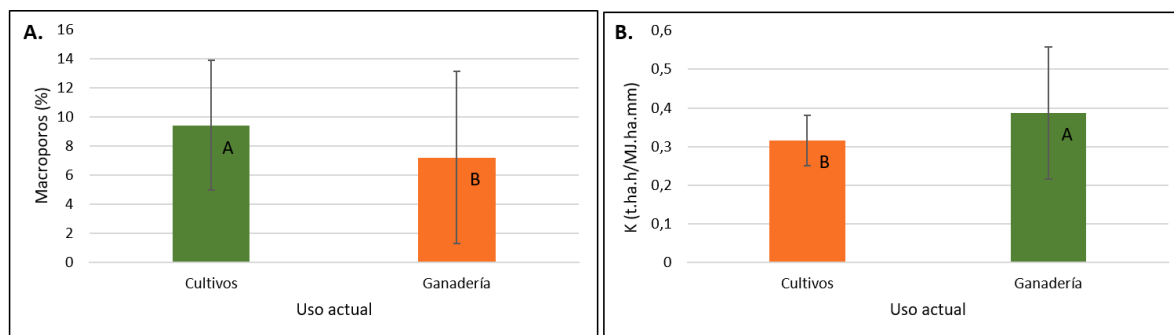


Figura 56. Diferencia de porcentaje en el uso actual del suelo, A. macroporos y B. la erodabilidad (K).

Según las diferencias encontradas entre los usos evaluados, los cultivos presentan mayor contenido de macroporos y menor susceptibilidad a la erosión en comparación con el uso ganadero. Esto podría entenderse como una disminución de la macroporosidad debido al pisoteo del ganado. En el caso del incremento de la erodabilidad en la ganadería, este podría deberse al arrastre de la MO de las capas superficiales por efecto de la reducción de la cobertura y las altas pendientes.

6.2.4 Diferencia entre cultivos: cítricos y café

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias como en los casos anteriores, en este caso solo se analizó un solo factor: tipo de cultivo.

En la Tabla 41 se indican las propiedades que presentaron diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%.

Tabla 41. Propiedades físicas que presentan o no diferencia significativas entre cultivos de café y cítricos.

Factor	KS	MO	Densidad Aparente	Porosidad Total	Macroporos	Mesoporos	Microporos	K
Cultivos : Café y Cítricos	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	C.D.S	S.D	S.D

Entre los cultivos de café y cítricos se encontraron diferencias significativas en los mesoporos, los cuales son los responsables de la conducción capilar y de la distribución de agua en el suelo.

A continuación, se presentan la gráfica de la variable que presentó diferencias significativas.

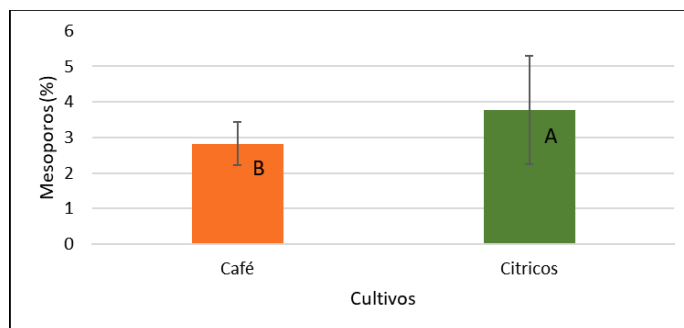


Figura 57. Comparación de porcentaje de microporos presentes en suelos con cultivos de café y en suelos con cítricos.

Según lo observado en la Figura 58, los cítricos presentaron mayor contenido de mesoporos en comparación con el cultivo de café. Esto se puede relacionar con las prácticas culturales desarrolladas en los dos tipos de cultivos.

En los cítricos una de las prácticas, según lo informado por lo mayordomos de las fincas era mantener una cobertura de arvenses nobles para proteger el suelo, mientras que en el café mantenían una cobertura de hojarasca con el mismo fin.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede inferir que la presencia de raíces en el suelo por las arvenses estaría generando un efecto positivo en el porcentaje de la mesoporosidad; sin embargo, es necesario realizar un análisis de comprobación de esta hipótesis.

6.2.5 Análisis foliares

Análisis foliares en pastos

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias en los casos donde se presentaron diferencias significativas, para los macro y micronutrientes foliares como nitrógeno (N) Fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), cobre (Cu), magnesio (Mn), zinc (Zn) y boro (B), teniendo en cuenta los factores grado de erosión y rango de pendiente.

En la Tabla 42 se observa que ninguno de los macro y micronutrientes presentaron diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%, en ninguno de los factores evaluados.

Donde:

S.D. Sin diferencias significativas

C.D.S Con diferencias significativas

Tabla 42. Resultados por factor de los análisis foliares en pastos que presentan o no diferencia significativas.

Factor	% Nitrogeno (N)	% Fósforo (P)	% Potasio (K)	% Calcio (Ca)	% Magnesio (Mg)	% Azufre (S)	mg * Kg ⁻¹ Hierro (Fe)	mg * Kg ⁻¹ Cobre (Cu)	mg * Kg ⁻¹ Magnesio (Mn)	mg * Kg ⁻¹ Zinc (Zn)	mg * Kg ⁻¹ Boro (B)
Grado de erosión	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Rango de pendiente	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D

Según la Tabla 42, no se encontraron diferencias significativas en los factores de grado de erosión y rango de pendiente para los minerales de las hojas analizadas. Si bien, el efecto por grado de erosión y pendiente no se está presentando en un déficit foliar, se puede decir que si se podría estar presentando en la oferta de pasto para el ganado o en la oferta de biomasa por metro cuadrado. Sin embargo, la cantidad de biomasa en pastos no se evaluó en la presente actividad, por lo que sería necesario hacer un análisis de comprobación.

Análisis foliares en cultivos

En este caso se realizó el análisis de varianza y comparación de medias utilizado para el análisis de pastos, a diferencia que en este caso los factores a analizar fueron: rango de pendiente y tipo de cultivos.

En la Tabla 43 se indican los macro y micronutrientes que presentaron diferencias significativas con un nivel de significancia del 5%.

Donde:

S.D. Sin diferencias significativas

C.D.S Con diferencias significativas

Tabla 43. Resultados por factor de los análisis foliares en cultivos que presentan o no diferencia significativas.

Factor	% Nitrogeno (N)	% Fósforo (P)	% Potasio (K)	% Calcio (Ca)	% Magnesio (Mg)	% Azufre (S)	mg * Kg ⁻¹ Hierro (Fe)	mg * Kg ⁻¹ Cobre (Cu)	mg * Kg ⁻¹ Magnesio (Mn)	mg * Kg ⁻¹ Zinc (Zn)	mg * Kg ⁻¹ Boro (B)
Rango de pendiente	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Cultivos: Café vs cítricos	C.D.S	S.D	S.D	C.D.S	S.D	C.D.S	S.D	C.D.S	S.D	C.D.S	S.D

Como se aprecia en la tabla 43, en el análisis estadístico de los diferentes minerales por el factor pendiente, no se presentaron diferencias significativas. En cambio, con lo que respecta al factor cultivo (comparación de contenido de minerales entre cultivo de café y cítricos) solo mostraron diferencia las variables N, Ca, S, Cu y Zn.

Estas diferencias se consideran normales, ya que los procesos metabólicos no son iguales en las dos especies.

Para complementar este análisis, se consultaron los niveles óptimos de minerales en las hojas para los cultivos de café y cítricos, como se presenta a continuación:

Tabla 44. Contenido de minerales óptimos para cultivos de café y cítricos.

Valor adecuados de minerales en las hojas para cultivos de café y cítricos											
Cultivos	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Café	2,36-2,78	0,14-0,20	1,58-2,15	0,75-1,29	0,18-0,45	0,15-0,19	29-55	54-121	106-278	6--12	8--17
Cítricos	2,4-2,6	0,12-0,15	0,7-1,1	3,0-5,5	0,26-0,6	0,2-0,3	31-100	60-100	25-200	25-100	25-101

De acuerdo con la Tabla 44, en el cultivo de cítricos, minerales como P, K, Ca, S y Fe sobrepasaron sus valores óptimos, mientras que el Cu está por debajo del valor óptimo. En el caso del café, se encontraron valores altos de minerales como K, Mg, S, B, y Fe, mientras que los demás minerales se encontraron en niveles óptimos.

Dado lo anterior, se puede decir que es necesario prestar especial atención a los minerales que están sobrepasando los valores óptimos y que puedan generar limitaciones en el desarrollo de la planta y en la producción de frutos.

7. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

Actividad

f. Socializar los resultados, transferencia y apropiación social de conocimientos de la actividad

7.3 Metodología

La actividad de socialización de resultados se realizó mediante concertación con las UMATAS; por medio de ellos se llevó a cabo la logística de definición de sitios para los talleres y socialización.

La actividad de socialización de resultados se llevó a cabo con las comunidades indígenas de los municipios Obando y La Victoria, y como parte de una estrategia de formación, se realizaron dos capacitaciones con los ganaderos del municipio de la Victoria y de Obando, Cuenca La Vieja, las cuales, fueron preparadas y dictadas por el zootecnista PhD. Raúl Molina.

Para estas capacitaciones y socialización, se diseñó un poster, un folleto y se realizaron invitaciones de acuerdo a los objetivos de la actividad de estudio (R4-A023), Los cuales se presentan en el **Anexo 10**.

7.4 Resultados

En la Tabla 45. se presentan las fechas, hora y lugar donde se llevaron a cabo las actividades de capacitación y socialización con ganaderos y comunidades indígenas del área de estudio.

Tabla 45. Cronograma de las actividades de socialización y capacitación.

Actividades a desarrollar	Dirigida a	Fecha	Hora	Lugar
Capacitación: “Reconversión ganadera: hacia la viabilidad económica y la responsabilidad ambiental de los sistemas productivos”	Ganaderos municipio de La Victoria – cuenca río La Vieja	16 de febrero de 2022	8:30 am – 12:00 m	Casa de la cultura, municipio de Obando
Capacitación: “Reconversión ganadera: hacia la viabilidad económica y la responsabilidad ambiental de los sistemas productivos”	Ganaderos (ASOGAPROCAM), municipio de Obando – cuenca río La Vieja	19 de febrero de 2022	8:30 am – 12:00 m	Finca La Alpina
Socialización de actividades: “Definición de medidas de manejo para controlar procesos erosivos (ACP)” y “Elaboración de un estudio de los impactos de la actividad ganadera, sobre territorios de la cuenca, en zonas no aptas (ACP)”	Comunidades indígenas: Kima Drúa, Chacha Drúa y Cueva Loca	5 de marzo de 2022	8:30 am – 12:00 m	Casa de la cultura, municipio de Obando

Capacitaciones a los ganaderos

La capacitación a los ganaderos se realizó teniendo en cuenta diagnóstico de la actividad ganadera de la zona (apartado 2.1.3 Línea base: actividades ganaderas), construido a partir de la información recolectada en las visitas de campo, y de la información recolectada mediante la aplicación de una encuesta semiestructurada y el dialogo con los propietarios y mayordomos de los predios visitados.

En ese sentido, se plantearon los siguientes temas a tratar:

- ✓ La ganadería bovina en el contexto nacional y local (Valle del Cauca-Cuenca río La Vieja)
- ✓ Ganadería en la Cuenca río La Vieja (DOFA)
- ✓ Reconversión ganadera
- ✓ Medidas de reconversión
- ✓ Ventajas de los sistemas silvopastoriles

Además, se realizaron 3 ejercicios que permitieron a los ganaderos responderse las siguientes preguntas: ¿Soy competitivo?, ¿Cuánto cuesta producir mi producto?, ¿Soy sostenible?

De esta dinámica utilizada en los talleres realizados, hubo retroalimentación por parte de los ganaderos, donde se apreció la conciencia ambiental, lo comprometidos que están en proteger los recursos naturales como los bosques y las fuentes hídricas y su disposición por implementar medidas de manejo adecuadas (manejo de ganado por hatos, rotación de potreros, etc.) que permitan contrarrestar la erosión de los suelos a causa de la actividad ganadera.

De manera general, se considera que la capacitación fue exitosa, pues se lograron las expectativas de los asistentes, quienes mostraron alto interés sobre los temas tratados y reiteraron la importancia de hacer una reconversión ganadera que permita contribuir al medio ambiente y que, a su vez, aumente los ingresos al productor bovino.

El listado de asistencia de la capacitación a los ganaderos se presenta en el **Anexo 11**.



Figura 58. Capacitación, Finca La Alpina, municipio La Victoria. Foto tomada, 16/02/2022



Figura 59. Capacitación, Casa de la cultura, municipio de Obando. Foto tomada, 19/02/2022

Socialización de resultados con las comunidades indígenas

Para la socialización de resultados con las comunidades indígenas, se recopilaron los resultados obtenidos de las visitas de campo, el levantamiento de línea base del área de estudio y los análisis de suelo y agua realizados.

Cabe resaltar que, durante el proceso de socialización, desde la invitación a las comunidades indígenas Kima Drua y Chacha Drua hasta el desarrollo de la reunión, las comunidades se mostraron dispuestas a los diálogos e interesados en los resultados del proyecto.

En ese sentido se plantearon los siguientes temas a tratar:

- ✓ Preliminar: donde se dio el contexto de los acuerdos de consulta previa del POMCA río La Vieja, y se enfatizó en la actividad R1A031 como uno de los compromisos pactados durante dicha consulta.
- ✓ Identificación de la zona de estudio: se presentaron los recorridos realizados y la información base obtenida en las visitas de campo.
- ✓ Análisis de agua: se presentaron los análisis químicos y microbiológicos de agua, y se planteó la necesidad de hervir el agua, como tratamiento de desinfección, dado el alto contenido de coliformes encontrados.
- ✓ Estudio de suelos: en este punto se dio un contexto de los factores que influyen en la pérdida de suelo por erosión (suelos, lluvia, pendiente, coberturas y prácticas de manejo), se presentaron dos escenarios planteados para evaluar la pérdida de suelo, un escenario actual y uno proyectado según los usos recomendados para los suelos evaluados.

Se señaló que el impacto de la ganadería es más fuerte en las pendientes altas, se hizo énfasis en la importancia de conservar los recursos naturales y de la implementación de medidas de manejo que permitan contrarrestar la erosión de los suelos a causa de la actividad ganadera.

- ✓ Diagnóstico de la ganadería: finalmente, se presentó un resumen del diagnóstico de la actividad ganadera, elaborado con el zootecnista PhD. Raúl Molina, y se mencionaron las prácticas de manejo propuestas para una reconversión ganadera.



Figura 60. Socialización con comunidades indígenas Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca, Casa de la cultura, municipio de Obando. Foto tomada, 5/03/2022

Finalmente, las comunidades agradecieron este tipo de espacios ya que les permite solucionar dudas e inquietudes referente a los acuerdos pactados con la CVC y a su vez, se refuerza el sentido de realidad y seriedad frente a los acuerdos, pues este tipo de espacios y actividades permiten evidenciar que se está dando cumplimiento a los acuerdos que se pactaron en la consulta previa del POMCA río La Vieja.

El listado de asistencia de la socialización con las comunidades indígenas se presenta en el **Anexo 12**.

CONCLUSIONES

En este apartado se recogen las principales conclusiones observadas en este estudio.

El análisis de la información de la zona, así como las visitas a la zona de estudio, mostraron que la actividad ganadera es el principal uso del suelo en la zona (42.5% en cobertura de pastos). Es evidente que hay conflicto en esta actividad, sin embargo, este conflicto tiene varias particularidades. Las medidas de manejo aquí presentadas pueden ayudar a disminuir este conflicto.

La zona de estudio se observaron procesos de erosión, principalmente en las fincas ganaderas por terracetas o pata de vaca. Hay algunas zonas con erosión severa, pero son procesos pequeños (algunos metros cuadrados) y muy puntuales y si bien hay que atender estos casos, no es ahora un proceso generalizado en la zona de estudio. Por otro lado, se observó que el impacto de la actividad ganadera en la zona no es homogéneo, es decir, hay zonas en donde esta actividad no genera un impacto negativo al recurso suelo y agua, pero hay otras zonas, principalmente aquellas de alta pendiente, donde esta actividad presenta conflicto y degrada el recurso suelo y agua.

En términos de erodabilidad, si bien es un parámetro que se liga al suelo, este estudio mostró como la erodabilidad, en un mismo suelo, se incrementa con la pendiente como consecuencia de los cambios que genera la actividad ganadería en pendientes ligeras (25 – 50%) y moderadamente escarpada (> 50%). Esto puede ser consecuencia del arrastre de MO y arcillas de las zonas de mayor pendiente hacia las de menor pendiente, generando un cambio en la erodabilidad del suelo sujeto a la pendiente, como lo mostró el análisis estadístico realizado con las muestras de suelo.

Respecto a las áreas con cultivos, los procesos erosivos no fueron tan evidentes, como en el caso de la ganadería, sin embargo, es importante fomentar las prácticas de conservación de suelos, teniendo en cuenta que la erosión es un proceso cuyos efectos se reflejan a largo plazo y que la recuperación de zonas degradadas es muy lenta.

Cabe resaltar que el análisis realizado mostró que los suelos estudiados no presentan efectos diferenciales sobre la erodabilidad. Es decir que los procesos erosivos en la zona no están asociados al tipo de suelo. Sin embargo, si se observó que estos procesos erosivos si están ligados a la pendiente. Esto nos lleva a entender que el manejo del suelo en las fincas debe hacerse por pendiente para evitar la degradación del suelo (procesos erosivos). En este sentido, es recomendable realizar un proceso de planificación de fincas ganaderas que tenga en cuenta la pendiente del suelo. Por el contrario, en las fincas con cultivos no se evidenciaron cambios en la erodabilidad del suelo respecto a la pendiente.

Las principales limitantes de los suelos del área de estudio son las altas pendientes y erosión moderada. De este modo, se señala la importancia de la conservación y protección de los recursos naturales en pendientes superiores al 50% y de la implementación de paquetes tecnológicos, en pendientes inferiores al 50%, encaminados a la mejora del manejo, tanto en ganadería como en cultivos.

Este estudio presenta en el apartado 5 un conjunto de medidas de manejo que permitirán ayudar a reducir el impacto de la ganadería y la agricultura en los recursos suelo y agua. Estas medidas de manejo se agrupan en: aislamiento de bosque y fuentes hídricas, sistemas silvopastoriles, división de potreros, bebederos inteligentes, manejo del hato por zonas, reemplazo de ivermectinas, uso de especies menores y cosecha de agua, en cuanto a la ganadería. En cuanto a la agricultura se presentan: uso de especies vegetales (cobertura), siembras en contorno, rotación de cultivos, manejo de coberturas muertas (mulch). Todas estas medidas se pueden implementar en las zonas en donde la pendiente lo permite, las zonas de pendiente moderadamente escarpada (>50%) se deben dar paso a zonas de recuperación, pues como este estudio lo muestra, son zonas que presentarán procesos de degradación con cualquier tipo de uso.

Uno de los aspectos importantes a mencionar, es la consciencia ambiental que manifiestan los ganaderos y agricultores de la zona, sin embargo, el limitante son los recursos para implementar estas nuevas tecnologías.

Se implementó un piloto en la finca Magallanes (municipio de La Victoria) con algunas de estas prácticas de manejo (silvopastoril, con rotación de potreros, cercas vivas, aislamiento de bosques y bebederos inteligentes). Los ganaderos de la zona manifestaron su interés en conocer los resultados de este piloto, por lo que se recomienda continuar con el seguimiento y difusión de resultados en la zona.

Este trabajo también tomó en cuenta el agua (nacimientos) que abastece a los asentamientos indígenas. En este sentido, se encontró que los nacimientos de Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca presentan niveles de agua normales para una fuente de agua no tratada. Sin embargo, los altos niveles de coliformes requieren especial atención, por lo que se recomienda hervir el agua para consumo humano en todas las comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Avellaneda-Torres, L. M., León Sicard, T. E., & Torres Rojas, E. (2018). Impact of potato cultivation and cattle farming on physicochemical parameters and enzymatic activities of Neotropical high Andean Páramo ecosystem soils. *Science of the Total Environment*, 631–632, 1600–1610. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.137>
- Bravo Parra, A. M. (2020). Cadenas sostenibles ante un clima cambiante: La ganadería en Colombia. CIAT-GIZ.
- Bustamante-Zamudio, C., García-García, J. A., Redondo, J. M., Camacho-Morales, E. D., Garzón, C. A., & Hernández-Manrique, O. L. (2019). Propuesta metodológica para la evaluación de sostenibilidad multiescala en paisajes productivos, aplicada en al menos un paisaje colombiano (p. 78). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35535>
- Bustamante, C., & Rojas, L. (2018). Reflexiones sobre transiciones ganaderas bovinas en Colombia, desafíos y oportunidades. *Biodiversidad En La Práctica*, 3(1), 1–29. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/516/497>
- Calero Mosquera, D., Martínez López, C., & Menjívar Flores, J. C. . (2021). Evaluación de modelos para estimar la erosividad de la lluvia en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 70(2). <https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.95115>
- CORPOICA. (1998). Rotacion de cultivos de franjas de nivel (p. 17). Boletín técnico No. 1.
- Davidson, K. E., Fowler, M. S., Skov, M. W., Doerr, S. H., Beaumont, N., & Griffin, J. N. (2017). Livestock grazing alters multiple ecosystem properties and services in salt marshes: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 54(5), 1395–1405. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12892>
- Dettenmaier, S. J., Messmer, T. A., Hovick, T. J., & Dahlgren, D. K. (2017). Effects of livestock grazing on rangeland biodiversity: A meta-analysis of grouse populations. *Ecology and Evolution*, 7(19), 7620–7627. <https://doi.org/10.1002/ece3.3287>
- Farfán Valencia, F., & Jaramillo Robledo, Á. (2009). Sombrío Para El Cultivo Del Café Según La Nubusidad De La Región. 379. *Avances Técnicos Cenicafé*, 379, 8. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0379.pdf>
- FAO. (2018). Shaping the future of livestock. In *The 10th Global Forum for Food and Agriculture (GFFA)* (Issues 18-20 January). <http://www.fao.org/3/i8384en/I8384EN.pdf>
- FEDEGAN. (2014). Análisis del inventario Ganadero colombiano para el año 2014 - Comportamiento y variables explicativas. <http://www.fedegan.org.co/estadisticas/publicaciones-estadisticas>
- FEDEGAN. (2018). Ganadería Colombiana: Hoja de ruta 2018-2022.
- González-DelTánago, M. (1991). La Ecuación Universal De Perdidas De Suelo. Pasado, Presente Y Futuro. *Ecología*, 5, 13–50.
- Herrero, M., Havlik, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M. C., Thornton, P. K., Blummel, M., Weiss, F., Grace, D., & Obersteiner, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), 20888–20893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>
- Hincapié Gómez, E., Conrado, Y., & Marín, T. (2012). Dinámica del Agua en Andisoles Bajo Condiciones de Ladera. *Revista.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 65(2), 6765–6777.

- Hincapié, E., & Salazar, L. (2007). Manejo integrado de arvenses en la zona cafetera central de Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 359, 12. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0359.pdf>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2017). Tercera comunicación nacional de Colombia a la Convención marco de la naciones unidas sobre cambio climático (CMNUCC).
- Instituto Nacional de Formación Profesional, & Escuela Agrícola Panamericana, Z. (2012). *Medidas Básicas de Protección Ambiental*.
- Malagón, R., & Prager, M. (2001). El enfoque de sistemas: una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Universidad Nacional de Colombia.
- Molina Benavides, R. A., Bustamante, C., Martínez, A., Uribe, J. R., & Redondo, J. M. (2020). Caracterización espacial de la ganadería bovina en la Orinoquia colombiana. *Revista MVZ Córdoba*, 25(3). <https://doi.org/doi.org/10.21897/rmvz.1720>
- Molina, R. A., Atzori, A. S., Campos, R., & Sanchez, H. (2014). Using System Thinking to Study Sustainability of Colombian Dairy System. *Business Systems Review*, 3(2), 123–141. <https://doi.org/10.7350/BSR.D12.2014>
- Molina, R. A., & Sánchez, H. (2017). Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 29–36. <https://doi.org/10.22490/21456453.2028>
- Molina, R. A., Sanchez, H., Campos, R., Atzori, A., & Morales, J. D. (2017). Dynamic estimation of greenhouse gas emissions from bovine livestock of Valle del Cauca, Colombia [DOI: 10.15446/acag.v66n3.58266]. *Acta Agronomica*, 66(3), 422–429. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.58266>
- Molina, R. A., Silva, F., Perilla, S., & Sánchez, H. (2016). Caracterización del ambiente térmico para la actividad ganadera bovina en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronomica*, 65(4). <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.49018>
- Morales Vallecilla, F., & Ortiz Grisales, S. (2018). Productividad y eficiencia de ganaderías lecheras especializadas en el Valle del Cauca (Colombia). *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 65(3), 252–268. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n3.76463>
- Murgueitio, E., & Ibrahim, M. (2008). Ganadería y medio ambiente en América Latina. *Ganadería Del Futuro: Investigación Para El Desarrollo*, July, 19–39.
- Oosting, S. J., Udo, H. M. J., & Viets, T. C. (2014). Development of livestock production in the tropics: Farm and farmers' perspectives. *Animal*, 8(8), 1238–1248. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000548>
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P. y Meusburger. K. (2016). Spatio-temporal analysis of rainfall erosivity and erosivity density in Greece. *Catena*, 137, 161-172
- PNUD. (2011). *Colombia Rural: Razones para la esperanza Colombia rural*.
- PNUD. (2018). *ODS en Colombia: Los retos para 2030* (p. 74). https://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODS/undp_co_PUBL_julio_ODS_en_Colombia_los_retos_para_2030_ONU.pdf
- Prieto Sandoval, V., Jaca García, M., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 15(15), 85–95.
- Quintero Castro, A. F., Lince Salazar, L. A., & Riaño Melo, O. (2017). Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en la zona cafetera del Quindío, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1, 17–26.

-
- Ramirez O., F.A.; Hincapié G., E.; Sadeghian KH., S & Pérez G.U. (2007). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del departamento de Caldas. *Cenicafé* 58(1), 40-52.
 - Ramirez-Ortiz, F. A., & Hicapié-Gomez, Edgar; Sadeghian-Khalajabadi, S. (2009). Erodabilidad de los suelos de la zona central cafetera del departamento de Caldas. *CENICAFÉ*, 60(1), 58–71.
 - Rojas, A. (2015). *Sistemas de producción rural* (P. Ungar (ed.); Primera). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
 - Rutebuka, J., De Taeye, S., Kagabo, D. y Verdoodt, A. (2020). Calibration and validation of rainfall erosivity estimators for application in Rwanda. *Catena*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104538>
 - Trilleras, J. M., Jaramillo, V. J., Vega, E. V., & Balvanera, P. (2015). Effects of livestock management on the supply of ecosystem services in pastures in a tropical dry region of western Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 211, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.011>
 - Wischmeier, W. and Y Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. United States Department of Agriculture, Agriculture handbook N° 537.58 p.
 - Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>