



## ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE LOS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD GANADERA, SOBRE TERRITORIOS DE LA CUENCA, EN ZONAS NO APTAS (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 1 “SUELOS Y BOSQUES CARACTERIZADOS Y  
EVALUADOS”**

**ACTIVIDAD 031 “ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE LOS  
IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD GANADERA, SOBRE  
TERRITORIOS DE LA CUENCA, EN ZONAS NO APTAS (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.

## **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.....	7
1 JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES.....	9
2. AREA DE ESTUDIO .....	12
3. PRIORIZACIÓN DE ZONAS.....	42
4. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO EN ÁREAS PRIORIZADAS .....	60
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	79
6. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS .....	88
CONCLUSIONES .....	92
BIBLIOGRAFÍA.....	93

# LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de las UCS más representativas del municipio de Obando, cuenca La Vieja .....	19
<b>Tabla 2.</b> Descripción de los usos recomendados según las principales limitantes de los suelos del municipio de Obando, cuenca La Vieja .....	23
<b>Tabla 3.</b> Disponibilidad de registros de estaciones meteorológicas consultadas .....	24
<b>Tabla 4.</b> Estaciones meteorológicas consultadas .....	25
<b>Tabla 5.</b> Intervalos de registros de las estaciones identificadas.....	26
<b>Tabla 6.</b> Visitas de reconocimiento al área de estudio .....	27
<b>Tabla 7.</b> Matriz DOFA actividades ganaderas Fuente: Elaboración propia .....	31
<b>Tabla 8.</b> Información de las coberturas de mayor interés. ....	37
<b>Tabla 9.</b> Comparación de las clasificaciones supervisadas con diferentes combinaciones de bandas. Fuente: Elaboración propia .....	40
<b>Tabla 10.</b> Reportes de porcentaje de las diferentes clases evaluadas.....	42
<b>Tabla 11.</b> Rangos de pendientes y clasificación IGAC.....	45
<b>Tabla 12.</b> Resumen de los análisis de suelos requeridos para el resultado R1A031 Fuente: Elaboración propia.....	48
<b>Tabla 13.</b> Campañas de muestreo en el área de estudio Fuente: Elaboración propia .....	49
<b>Tabla 14.</b> Quebradas y nacimientos identificados en las verederas Villarodas y Buenos Aires. ....	52
<b>Tabla 15.</b> Información de suelos, recopilada para los predios identificados.....	55
<b>Tabla 16.</b> Predios muestreados en el municipio de Obando, Valle del Cauca, Cuenca Río La Vieja.....	56
<b>Tabla 17.</b> Análisis de agua de los nacimientos de las comunidades indígenas.....	60

<b>Tabla 18.</b> Clasificación de la erosividad propuesta por Rivera y Gómez (1991).....	63
<b>Tabla 19.</b> Categoría permeabilidad.....	64
<b>Tabla 20.</b> Tipo de estructura del suelo.....	65
<b>Tabla 21.</b> Clasificación de la erodabilidad propuesta por la USDA (1962). ....	65
<b>Tabla 22.</b> Valores del factor C propuestos por ROOSE, 1977 Tomado de: GEOCVC, 2018 .....	66
<b>Tabla 23.</b> Valores del Factor C para pendientes mayores al 25%, publicados por la USDA. Tomado de: GEOCVC, 2018 .....	66
<b>Tabla 24.</b> Valores del factor C propuestos por ROOSE, 1977 Tomado de: GEOCVC, 2018 .....	66
<b>Tabla 25.</b> Factor C obtenido para las coberturas priorizadas. ....	67
<b>Tabla 26.</b> Valores del factor P y límites de pendiente - longitud para contorno propuestos por Wischmeier y Smith, 1978. Fuente: Manual de SWAT (Neitsch et al., 2011). ....	67
<b>Tabla 27.</b> Valores de R obtenidos por el método USLE-EI30. ....	69
<b>Tabla 28.</b> Valores del factor IMF Y EI30-cor anual para cada estación meteorológica. Fuente: Elaboración Propia.....	69
<b>Tabla 29.</b> Categorización del factor K en diferentes grados de erosión. ....	70
<b>Tabla 30.</b> Pendientes determinadas para las fincas muestreadas. ....	72
<b>Tabla 31.</b> Factor C obtenido para evaluar el impacto de la ganadería. ....	73
<b>Tabla 32.</b> Uso potencial definido por grado de erosión y valores propuestos para el factor C.....	78
<b>Tabla 33.</b> Resultados por factor del análisis de suelos destinados a ganadería que presentan o no diferencia significativa. ....	80
<b>Tabla 34.</b> Cronograma de la actividad de socialización y capacitación. Fuente: Elaboración propia .....	89

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de localización general, municipio de Obando – Cuenca río La Vieja. Fuente: Cartografía básica IGAC-CVC, 2016 .....	15
<b>Figura 2.</b> Mapa de localización general del área de estudio, municipio de Obando – Cuenca río La Vieja. ....	16
<b>Figura 3.</b> Mapa de coberturas municipio Obando, cuenca La Vieja.....	17
<b>Figura 4.</b> Mapa de cobertura de pastos en conflicto alto Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015 .....	18
<b>Figura 5.</b> Mapa de consociaciones de suelos del área de estudio Fuente: Cartografía IGAC- CVC, 2015 .....	19
<b>Figura 6.</b> Mapa de usos recomendados para suelos del área de estudio. Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015.....	22
<b>Figura 7.</b> Localización general de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio Fuente: Cartografía CVC – IDEAM - CENICAFÉ, 2021 .....	24
<b>Figura 8.</b> Precipitación mensual multianual de las estaciones cercanas al área de estudio Fuente: CVC – IDEAM - CENICAFÉ, 2021 .....	25

<b>Figura 9.</b> Ganadería, Villarodas, 29-sep-2021 .....	27
<b>Figura 10.</b> Pata de vaca, Finca Potosí – Villarodas, 29-sep-2021 .....	28
<b>Figura 11.</b> Pata de vaca, El Reflejo – Villarodas, 12-oct-2021 .....	28
<b>Figura 12.</b> Pata de vaca, El Reflejo – Villarodas, 12-oct-2021 .....	29
<b>Figura 13.</b> Bovinos presentes en la zona de estudio. Diferentes cruces reciales. 11-nov-2021 .....	30
<b>Figura 14.</b> Áreas de conservación (bosques y fuentes hídricas), algunas con aislamientos. ....	31
<b>Figura 15.</b> Cultivo de café asociado con plátano, 25-oct-2021 .....	32
<b>Figura 16.</b> Cultivo de plátano, 25-oct-2021 .....	33
<b>Figura 17.</b> Nacimiento, comunidad Kima Drua, 25-oct-2021 .....	33
<b>Figura 18.</b> Socialización comunidad indígena Chacha Drua, 25-oct-2021 .....	34
<b>Figura 19.</b> Finca ganadera Nacayna, 25-oct-2021 .....	34
<b>Figura 20.</b> Suelos identificados en los predios de las comunidades indígenas de Obando Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2014.....	35
<b>Figura 21.</b> Clasificación supervisada mediante imágenes de satélite. ....	41
<b>Figura 22.</b> Suelo desnudo, Finca Guayaquil 19-oct-2021 .....	43
<b>Figura 23.</b> Terracetos o pata de vaca, Villarodas 29-sep-2021 .....	44
<b>Figura 24.</b> Cobertura de pastos, Villarodas 12-oct-2021 .....	44
<b>Figura 25.</b> Medición manual de pendiente.....	45
<b>Figura 26.</b> Muestreo de suelo. Fotos tomadas 9-noviembre-2021.....	47
<b>Figura 27.</b> Predio Potosí, Villarodas, 29-sep-2021 .....	50
<b>Figura 28.</b> Predio Soledad, Villarodas, 29-sep-2021 .....	50
<b>Figura 29.</b> Predio El Reflejo, Villarodas, 29-sep-2021 .....	51
<b>Figura 30.</b> Predio La porfía, Buenos Aires. 12-oct-2021 .....	51
<b>Figura 31.</b> Predio Villa Fabi, Puerto Samaria. 19-oct-2021.....	51
<b>Figura 32.</b> Finca sr. Omar Alzate, Puerto Samaria. 19-oct-2021 .....	52
<b>Figura 33.</b> Predios y quebradas identificados en las salidas de campo en el municipio de Obando, Valle del Cauca. ....	55
<b>Figura 34.</b> Perdida de suelo en fincas ganaderas por diferente grado de erosión en el escenario actual.....	74
<b>Figura 35.</b> Perdida de suelo en fincas ganaderas por rango de pendientes en escenario actual.....	75
<b>Figura 36.</b> Gráfico de clasificación de uso potencial del suelo según la pendiente. Fuente: Manejo y uso del suelo en zona de ladera (CVC,2015) .....	77
<b>Figura 37.</b> Comparación de perdida de suelo por grado de erosión con diferentes usos. 78	
<b>Figura 38.</b> Diferencias significativas presentadas en: A. Materia orgánica (MO) en diferente grado de erosión y B. erodabilidad (K) en diferente grado de erosión. ....	81
<b>Figura 39.</b> Diferencias significativas presentadas en : A. Materia orgánica (MO) en diferente rango de pendiente y B. erodabilidad (K) en diferente rango de pendiente. ....	82
<b>Figura 40.</b> Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a cada consociación. A. Materia orgánica (MO) B. Densidad aparente (Da), C. Porosidad total D. Mesoporos, E. Microporos y F. Conductividad hidráulica Saturada.....	83
<b>Figura 41.</b> Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a orden de suelo. A. materia orgánica (MO) y B. microporos.....	84

---

<b>Figura 42.</b> Presentación de las correlaciones obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad (k) para los suelos evaluados. Fuente: Elaboración propia.....	85
<b>Figura 43.</b> Gráfico resumen de las correlaciones más altas obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad (k) para los suelos evaluados, destinados a ganadería. ....	86
<b>Figura 44.</b> Dendograma resultante de la agrupación jerárquica de las propiedades que intervienen en el cálculo del factor K.....	87
<b>Figura 45.</b> Capacitación a ganaderos, Casa de la cultura, municipio de Obando. Foto tomada, 19/02/2022.....	90
<b>Figura 46.</b> Socialización con comunidades indígenas Kima Drua, Chacha Drua y Cueva Loca, Casa de la cultura, municipio de Obando. Foto tomada, 5/03/2022.....	91

## INTRODUCCIÓN

Este documento presenta los resultados de la actividad **R1A031 “Elaboración de un estudio de los impactos de la actividad ganadera, sobre territorios de la cuenca, en zonas no aptas (ACP)”**, realizado por la Universidad Nacional de Colombia. La actividad R1A031 tiene como objetivo evaluar el impacto de la actividad ganadera (extensiva) en suelos agrícolas del Municipio de Obando, Cuenca río La Vieja, orientado a garantizar la producción sostenible con manejo adecuado del recurso suelo.

Para el desarrollo de la actividad R1A031, se obtuvo información primaria del área de estudio por medio de la Corporación Regional del Valle de Cauca (CVC), la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) del municipio de Obando, y la Dirección Ambiental Regional Norte (DAR Norte).

Por medio de la UMATA Obando, se contactaron y se visitaron predios destinados a ganadería en la zona. Por su parte, la DAR Norte brindó apoyo en la consecución de información acerca de las comunidades indígenas KIMA DRUA y CHACHA DRUA del municipio de Obando y a su vez, brindaron acompañamiento para las visitas realizadas a estas comunidades.

Es importante resaltar que estas comunidades se encuentran ubicadas por fuera del área de estudio definida para la actividad R1A031, sin embargo, son comunidades reconocidas por el Ministerio de Interior y participaron en los Acuerdos de Consulta Previa (ACP) del POMCA río La Vieja.

Por otra parte, 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 es la ganadería bovina orientada al levante y ceba de machos, con una cobertura de pastos del 42.5% del área total, de los cuales aproximadamente el 80% se encuentra en un grado de conflicto alto (CVC - IGAC, 2015).

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 evidenciaron procesos erosivos en 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, 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, la erosión alta y media coincidieron con las pendientes más altas y la erosión baja con las pendientes menos inclinadas.

De esta manera se determinó el factor erodabilidad del suelo y se plantearon dos escenarios para calcular la pérdida de suelo por erosión en fincas ganaderas: 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).

Para analizar los resultados de suelos obtenidos de laboratorio, 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 identificaron 5 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 los 2 nacimientos de los cuales se abastecen las comunidades indígenas del municipio de Obando, con el objetivo de evaluar la calidad del agua que están utilizando para su consumo.

En la actividad R1A031, el impacto de la ganadería en zonas no aptas se evaluó en términos de la susceptibilidad de los suelos a la erosión, de la pérdida de suelo estimada para los escenarios actual y potencial, de los cambios en las propiedades fisicoquímicas de los suelos en diferentes grados de erosión y pendiente y del movimiento del agua en el suelo.

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.

Los resultados obtenidos en esta actividad fueron socializados con las comunidades indígenas del municipio de Obando 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 R1A031- “Elaboración de un estudio de los impactos de la actividad ganadera, sobre territorios de la cuenca, en zonas no aptas (ACP).”, está relacionada con el componente agua 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.

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, respectivamente; cabe aclarar que estos corregimientos pertenecen a la cuenca del río Obando, sin embargo, 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 y Chacha Drua se tuvieron en cuenta en la fase de socialización, transferencia y apropiación social de conocimientos de la actividad R1A031, 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)

Esta ecuación permite la pérdida de suelo por año y por hectárea, este modelo se desarrolló en estudios realizados en Estados Unidos y basado 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, 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).

A pesar de lo anterior, el cuidado de la naturaleza como recurso fundamental de las actividades agrícolas y pecuarias, debe estar implícito en sus acciones para lograr una competitividad rentable, por lo tanto, para acabar con la estigmatización del sector ganadero, se debe comprobar con resultados que es posible el equilibrio entre producción rentable y conservación de los recursos naturales (FEDEGAN, 2018).

En ese sentido, este convenio entre la CVC y la Universidad Nacional de Colombia, busca contribuir a la evaluación del impacto de la actividad ganadera (extensiva) en suelos agrícolas del Municipio de Obando, Cuenca río La Vieja, orientado a garantizar la producción sostenible con manejo adecuado del recurso suelo.

## 2. AREA DE ESTUDIO

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

### Actividad

a. Definir el área de estudio y proceder con el levantamiento de la línea base del territorio, usos del suelo y actividades ganaderas (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).

### 2.1 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 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 dos polígonos fue definida como el área de estudio de la actividad R1A031.

#### 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 el levantamiento de la línea base del área de estudio, se realizaron visitas de campo al municipio de Obando, cuenca río La Vieja, con el objetivo de reconocer el área de estudio, identificar fincas ganaderas y generar un acercamiento con los dueños y/o encargados de los predios. Las visitas de reconocimiento se describen en el apartado 2.1.3 Línea base: actividades ganaderas.

### 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**

Para definir la línea base del territorio respecto a las actividades ganaderas, se realizaron 4 visitas de reconocimiento al área de estudio; en las primeras 3 visitas, con acompañamiento de la UMATA del municipio de Obando y de la DAR Norte, se generó un primer acercamiento con los dueños y/o encargados de predios destinados a la ganadería.

Para los recorridos, se utilizó la aplicación móvil GeoCVC, la cual permite interactuar con la información geográfica (IG) generada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y a su vez, permite conocer la ubicación actual del usuario; de esta manera, durante el recorrido se identificó el parteaguas de la cuenca río La Vieja y las áreas de conflicto por uso de suelo en el área de estudio.

También, se utilizó el GPS TRIMBLE MODELO JUNO 3D para georreferenciar las coberturas, y fincas visitadas durante el recorrido; los puntos obtenidos se procesaron en el software Q-GIS (versión 3.6.0).

La cuarta visita se realizó con el zootecnista PhD Raúl Molina, experto en ganadería, y tuvo como objetivo realizar un diagnóstico de la actividad ganadera de la zona.

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).

### **2.1.4 Comunidades Indígenas del municipio de Obando**

Teniendo en cuenta que las comunidades de Kima Drua y Chacha Drua participaron en los Acuerdos de Consulta Previa del POMCA río La Vieja, se realizó una visita 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.

La visita de campo se realizó con acompañamiento de la UMATA del municipio de Obando y la DAR Norte. Se utilizó el GPS TRIMBLE MODELO JUNO 3D para georreferenciar las

coberturas, y fincas visitadas durante el recorrido; los puntos obtenidos se procesaron en el software Q-GIS (versión 3.6.0).

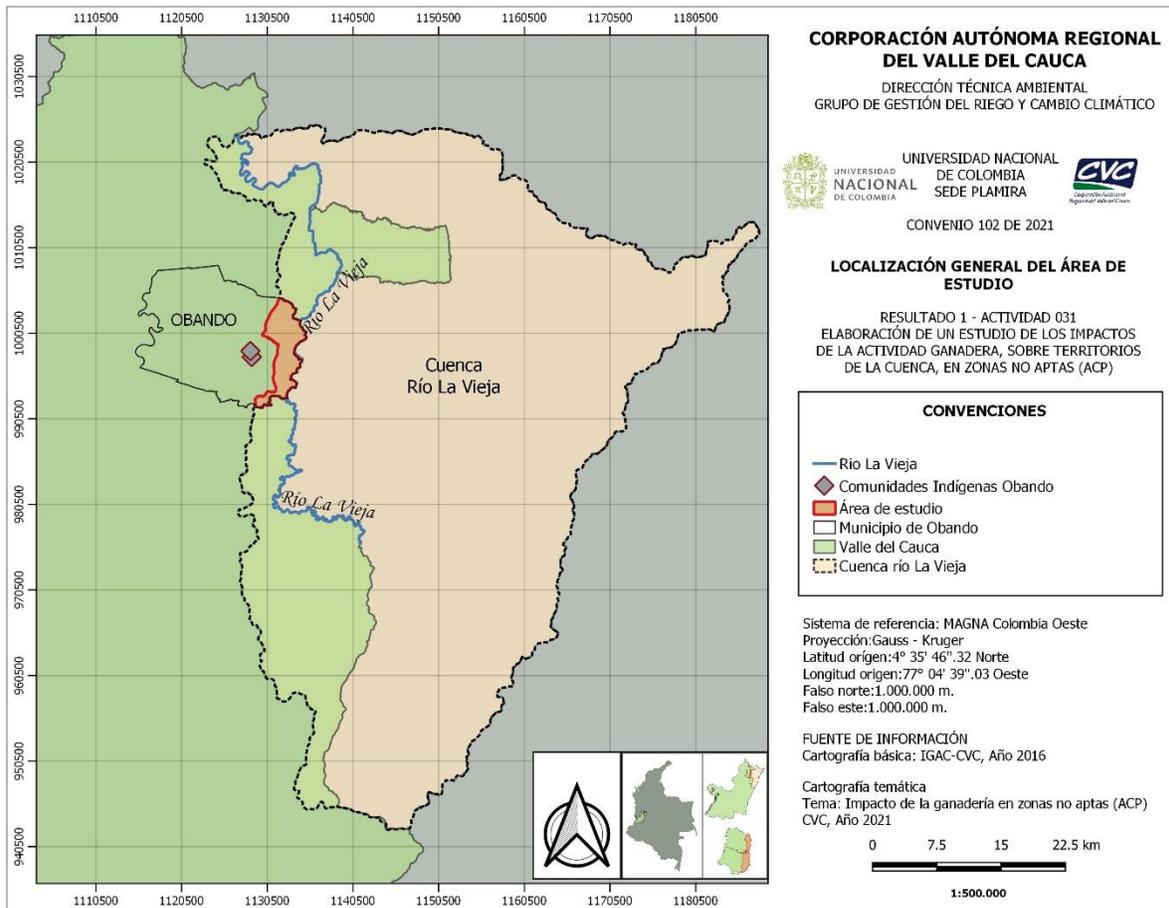
## **2.2 Resultados**

### **2.2.1 Definición del área de estudio**

En la Figura 1 se presenta el mapa de localización general del área de estudio de la actividad R1A031, comprendida por el municipio de Obando, Valle del Cauca y la cuenca del río La Vieja; así mismo, se presenta la localización de las comunidades indígenas del municipio de Obando: Kima Drua y Chacha Drua, las cuales, como se puede observar en el mapa, se encuentran por fuera del área de estudio de la actividad R1A031.

Como se mencionó en el apartado de antecedentes, estas comunidades 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.

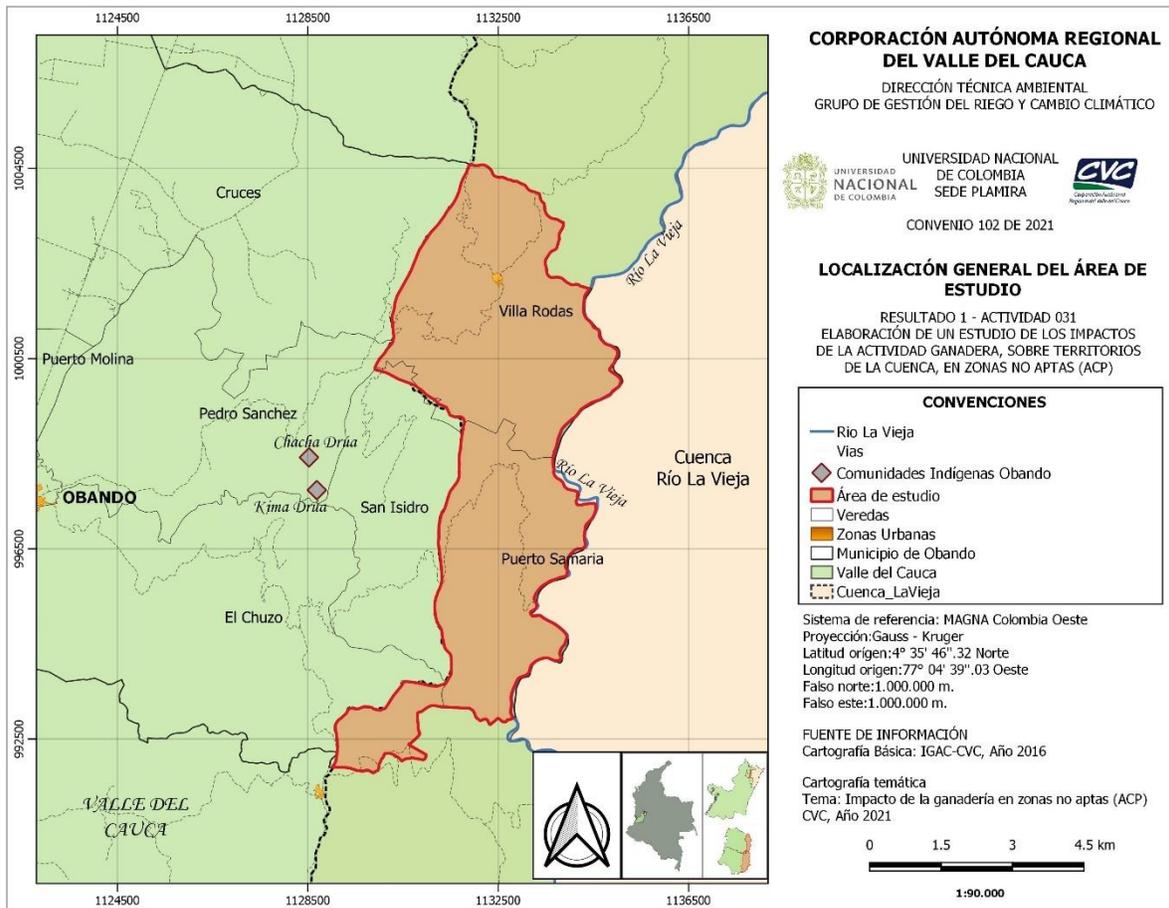
Por lo anterior, las comunidades Kima Drua y Chacha Drua se tendrán en cuenta en la fase de socialización, transferencia y apropiación social de conocimientos de la actividad R1A031, y son incluidas en el mapa de localización general del área de estudio, aunque se encuentren por fuera de esta.



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

El área de estudio del resultado R1A031 tiene una superficie total de 3379.3 ha y está comprendida entre las coordenadas 4°38'13.2" y 4°31'15.6" Norte y 75° 53' 20.39" y 75° 54' 25.19" Oeste (Figuras 1 y 2).

Las veredas identificadas dentro del área de estudio son Villarodas, Buenos Aires y Puerto Samaria; las vías de acceso hacia Villarodas y Buenos Aires son Obando – Villarodas y Cartago - Modín – Villarodas, y las vías hacia Puerto Samaria son Obando – El Chuzo – Puerto Samaria y una vía alterna por Montenegro, Quindío (vía vereda El Castillo).

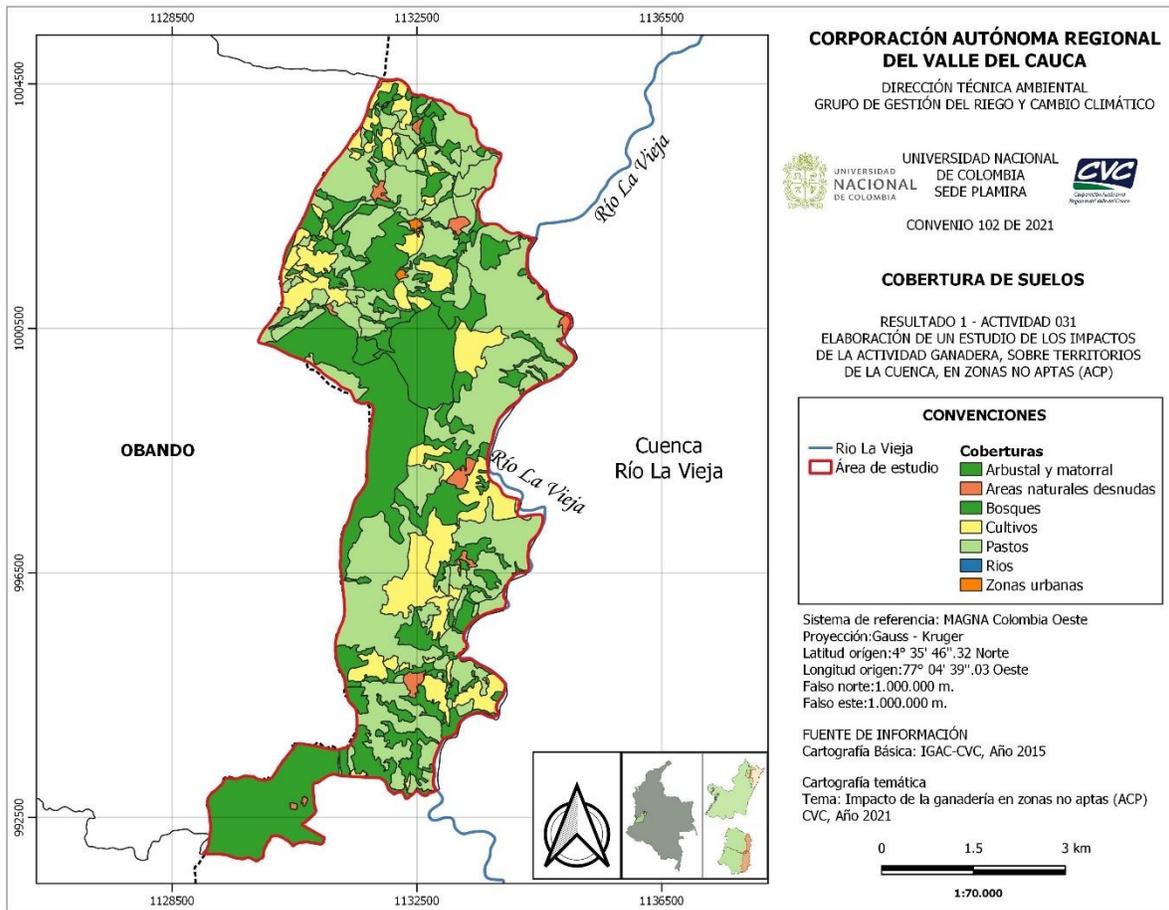


**Figura 2.** Mapa de localización general del área de estudio, municipio de Obando – Cuenca río La Vieja.  
Fuente: Cartografía básica IGAC-CVC, 2016

## 2.2.2 Línea base del área de estudio

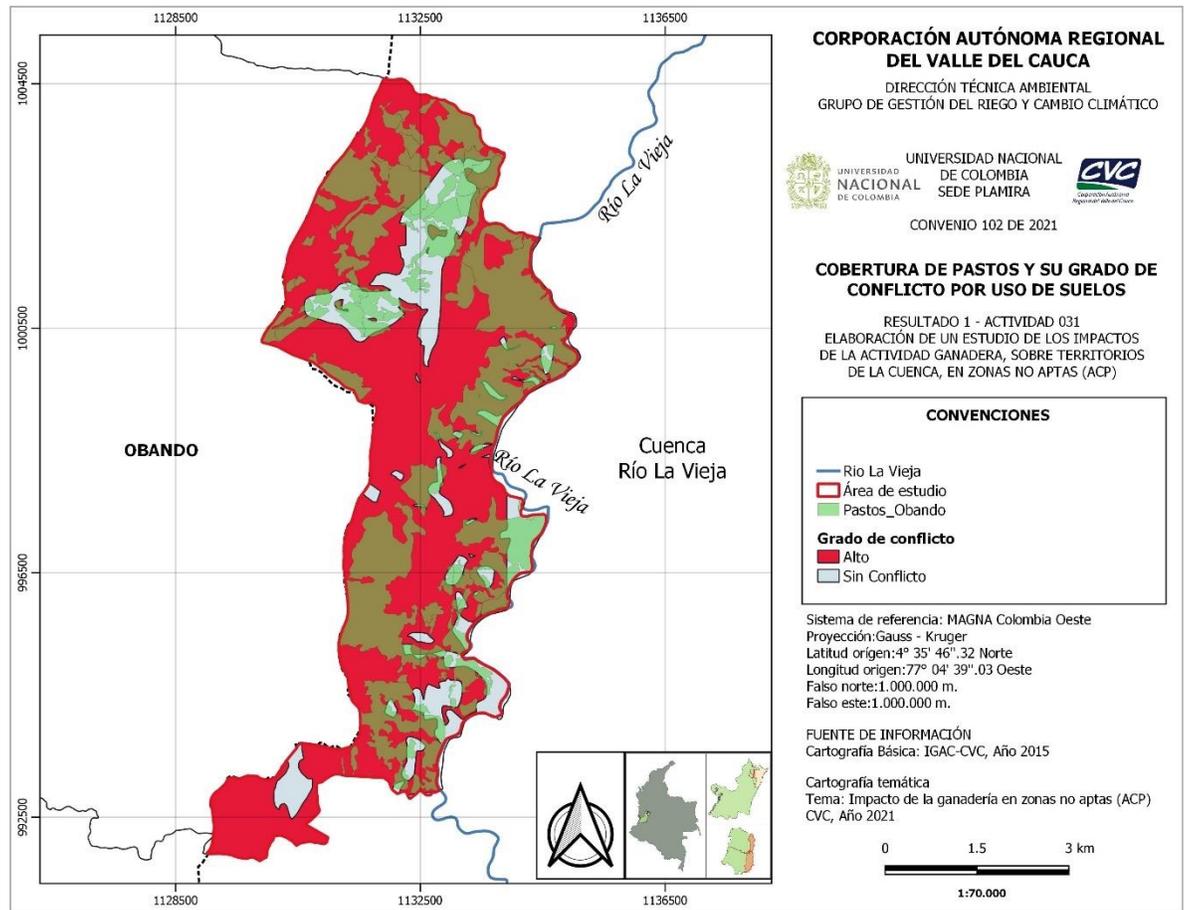
### Coberturas y uso del suelo del área de estudio

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 los pastos representan el 42.5% del área total, la vegetación natural como bosques, arbustos y guadua representan el 41.5%, los cultivos el 14.3%, las áreas naturales desnudas el 1.4% y las zonas urbanas y ríos el 0.3%.



**Figura 3.** Mapa de coberturas municipio Obando, cuenca La Vieja.  
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015

Dado que la cobertura de pastos es una de las más representativas en la zona 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 R1A031.

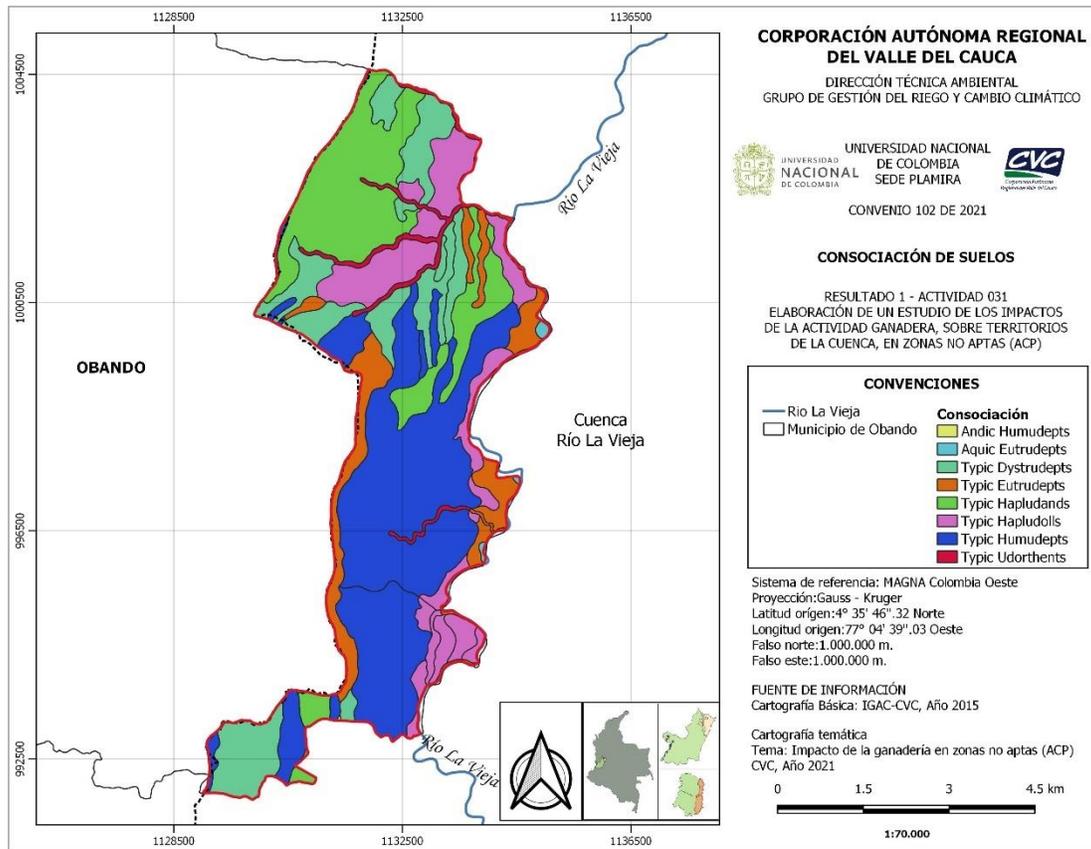


**Figura 4. Mapa de cobertura de pastos en conflicto alto**  
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2015

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 (UCS) 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, cuenca río La Vieja.



**Figura 5.** Mapa de consociaciones de suelos del área de estudio  
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); 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, cuenca La Vieja  
Fuente: CVC - IGAC, 2014

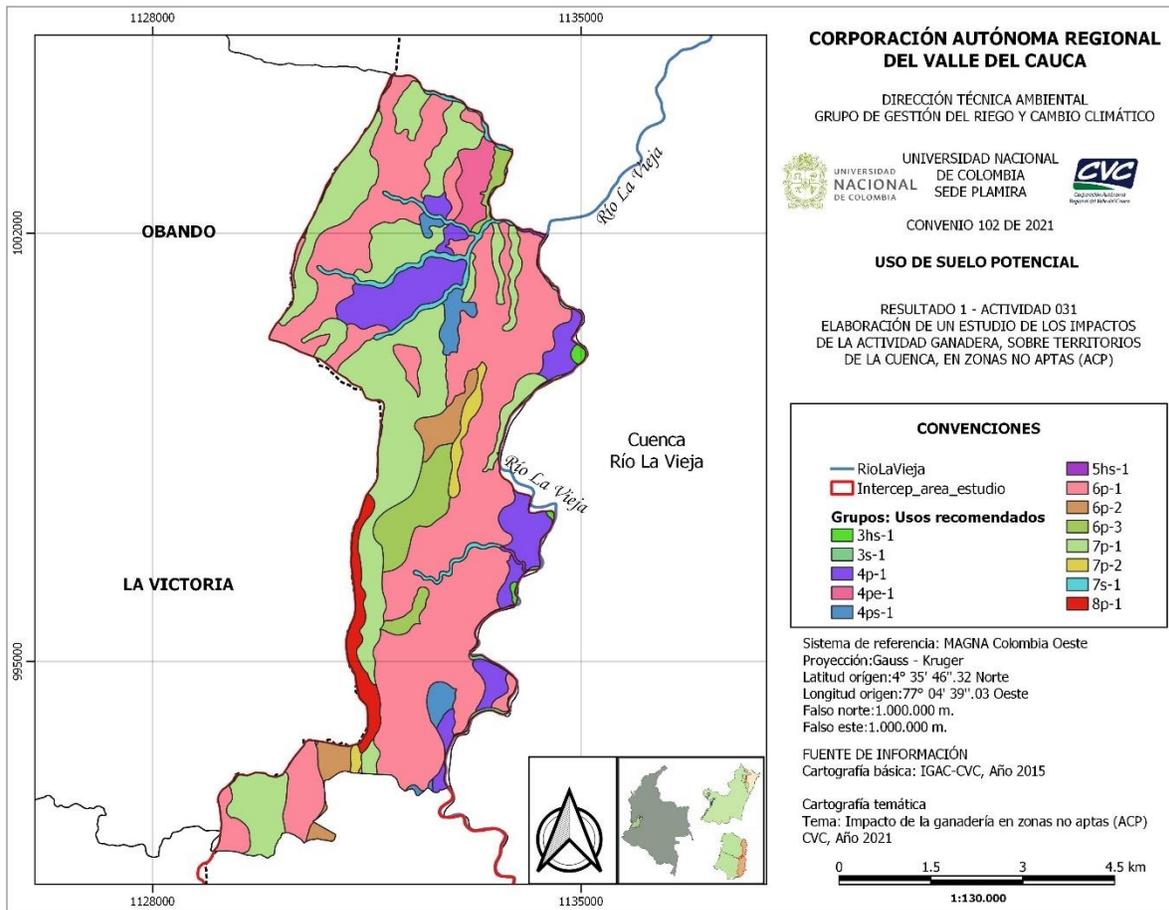
UCS	Área (%)	Propiedades	Limitaciones	Formas de terreno	Vereda
MQSS-B Typic Humudepts	28	Texturas franco arcillosas y retención de humedad alta en el primer y tercer horizontes, densidad aparente baja y densidad real media, porosidad total muy alta. Carbono orgánico es alto	Fuertes pendientes, la erosión moderada, pedregosidad superficial en algunos sectores, los altos contenidos de aluminio en el complejo de cambio, los bajos contenidos de bases intercambiables	Pendientes que varían de fuertemente inclinadas a fuertemente escarpadas (12 a >75%).	Puerto Samaria

UCS	Área (%)	Propiedades	Limitaciones	Formas de terreno	Vereda
			y la baja fertilidad.		
MQSR-D Typic Hapludands	15	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	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.	Pendientes varían de fuertemente inclinadas a fuertemente escarpadas (12 a >75%)	Villarodas y Buenos Aires
MQTS-B Typic Humudepts	10	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
MQLL-H Typic Hapludolls	7.4	texturas francas y franco arcillo limosa, retención de humedad baja, la densidad aparente varía de media a alta,	Fuertes pendientes, baja retención de humedad y procesos erosivos de grado moderado, que condicionan el manejo de	Pendientes varían entre fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente	Villarodas

UCS	Área (%)	Propiedades	Limitaciones	Formas de terreno	Vereda
		densidad real media; la porosidad total varía desde alta a media con la profundidad. Carbono orgánico es medio	los suelos.	escarpadas (25-50%).	
MQSE-I Typic Eutrudepts	6	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	texturas franco finas, la retención de humedad es media, la densidad aparente es muy baja, la densidad real es baja, la porosidad total es muy alta. Carbono orgánico es alto hasta 65 cm.	Pendientes ligeramente escarpadas y susceptibilidad a los movimientos en masa.	Pendientes ligeramente escarpadas (25 a 50%).	Buenos Aires
MVSS-A Typic Hapludolls	3.2	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,	baja disponibilidad de fósforo, las pendientes de ligera 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

### Uso de suelo potencial

En la Figura 6 se presenta el mapa de los usos recomendados para los suelos del municipio de Obando, 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:

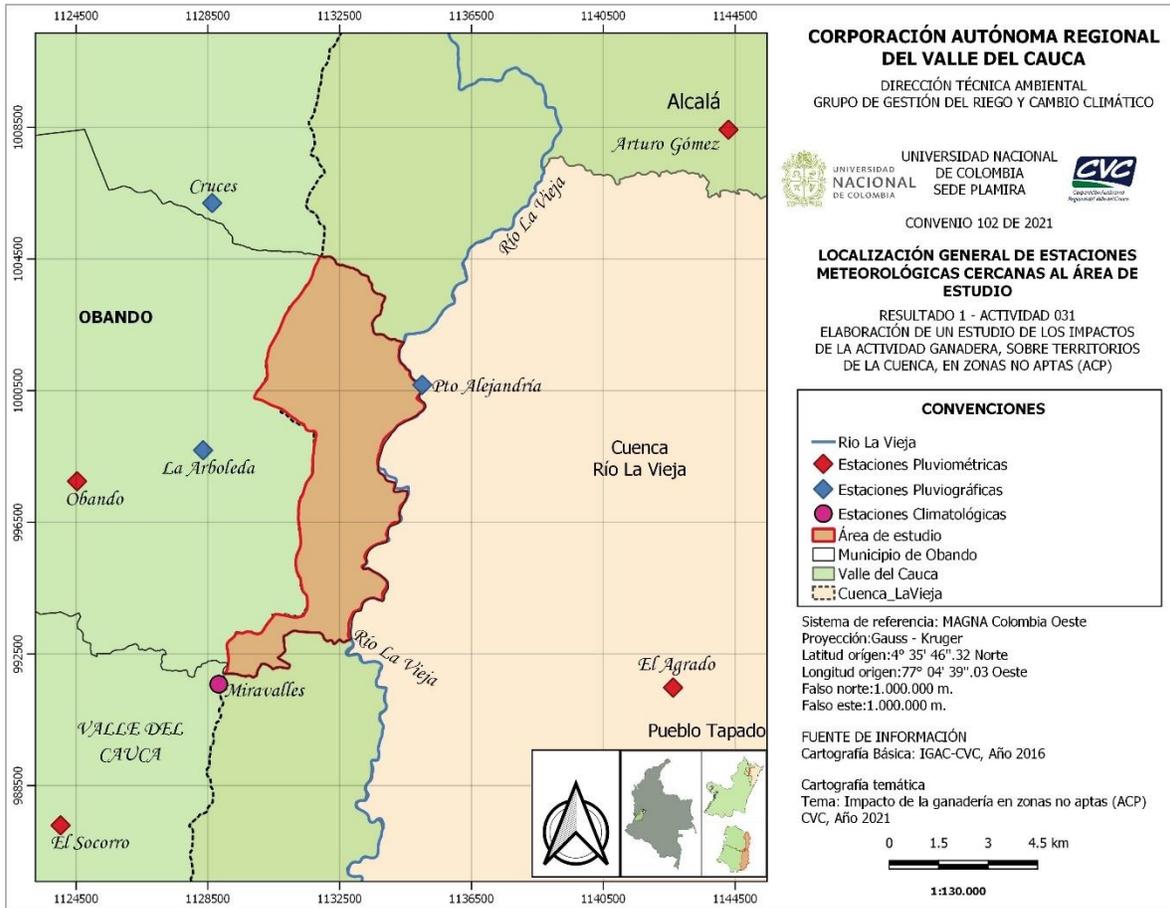
**Tabla 2.** Descripción de los usos recomendados según las principales limitantes de los suelos del municipio de Obando, cuenca La Vieja

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 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 - CENICAFÉ, 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

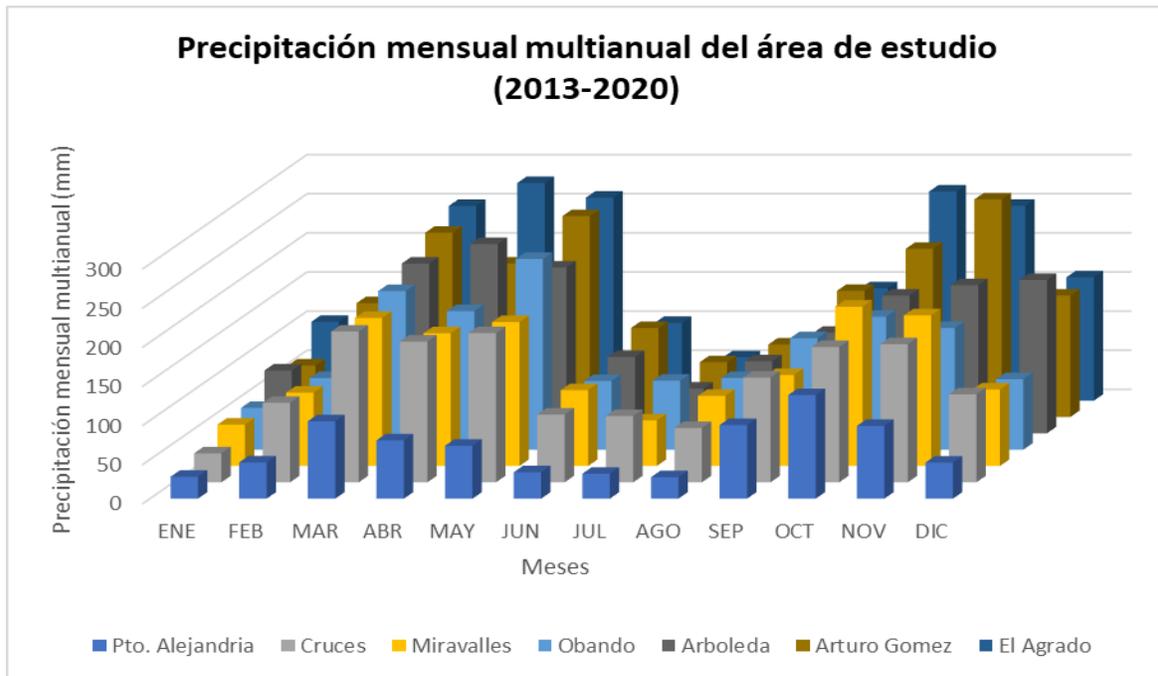
**Tabla 3.** Disponibilidad de registros de estaciones meteorológicas consultadas  
Fuente: Elaboración propia

Estaciones	Categoría	Municipio	Entidad	Altura (msnm)	Tipo de estación	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pto. Alejandria	Pluviográfica	Quimbaya	CVC	962	Automática								
Cruces	Pluviográfica	Obando	CVC	970	Automática								
La Arboleda	Pluviográfica	Obando	CVC	1275	Automática								
Miravalles	Climatológica	La Victoria	CVC	1233	Convencional								
Obando	Pluviométrica	Obando	IDEAM	986	Convencional								
Arturo Gómez	Pluviométrica	Alcalá	CENICAFÉ	1259	Convencional								
El Agrado	Pluviométrica	Montenegro	CENICAFÉ	1275	Convencional								

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 las estaciones Pto. Alejandria, Arturo

Gómez y El Agrado, donde sólo en la de Pto. Alejandría se tuvieron en cuenta los años disponibles (2016-2019), dada la cantidad de datos faltantes y en la otras dos los años 2013 al 2019 debido a que no había reporte de datos. A partir de esta información, se obtuvo la precipitación mensual multianual y la precipitación media anual de las estaciones consultadas (Figura 8 y Tabla 3).

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

Estaciones	Categoría	Municipio	Entidad	Altura (msnm)	Precipitación media anual (mm/año)
Pto. Alejandría	Pluviográfica	Quimbaya	CVC	962	774
Cruces	Pluviográfica	Obando	CVC	970	1539
Miravalles	Climatológica	La Victoria	CVC	1233	1545
La Arboleda	Pluviográfica	Obando	CVC	1275	1813
Obando	Pluviométrica	Obando	IDEAM	986	1594
Arturo Gómez	Pluviométrica	Alcalá	CENICAFÉ	1259	1986
El Agrado	Pluviométrica	Montenegro	CENICAFÉ	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, 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

Estacion	Entidad	Tipo de estación	Intervalo de registro		
			10 min	1 hora	Diario
Arboleda	CVC	Automaticas	✓	✓	✓
Cruces	CVC	Automaticas	✓	✓	✓
Pto alejandria	CVC	Automaticas	✓	✓	✓
Brisas	CVC	Automaticas	✓	✓	✓
miravalles	CVC	Convencionales	x	x	✓
Obando	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 Línea base: actividades ganaderas

En la Tabla 6 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	Predio
1	29-Sep-21	Visita de reconocimiento	Villarodas	Potosí
2	12-Oct-21	Visita de reconocimiento	Villarodas	El Reflejo, la Paloma, La Eme, El Zafiro, Soledad, La Porfía
3	18-Oct-21	Visita de reconocimiento	Puerto Samaria	Villa Fabi y Sr. Omar Alzate
4	25-Oct-21	Visita de reconocimiento y socialización	El Chuzo, Obando	Comunidades Kima Drua - Chacha Drua
5	11-Nov-21	Encuestas: diagnóstico de la actividad ganadera de la zona.	Villarodas	El Reflejo, la Paloma, La Eme, El Zafiro, Soledad, La Porfía

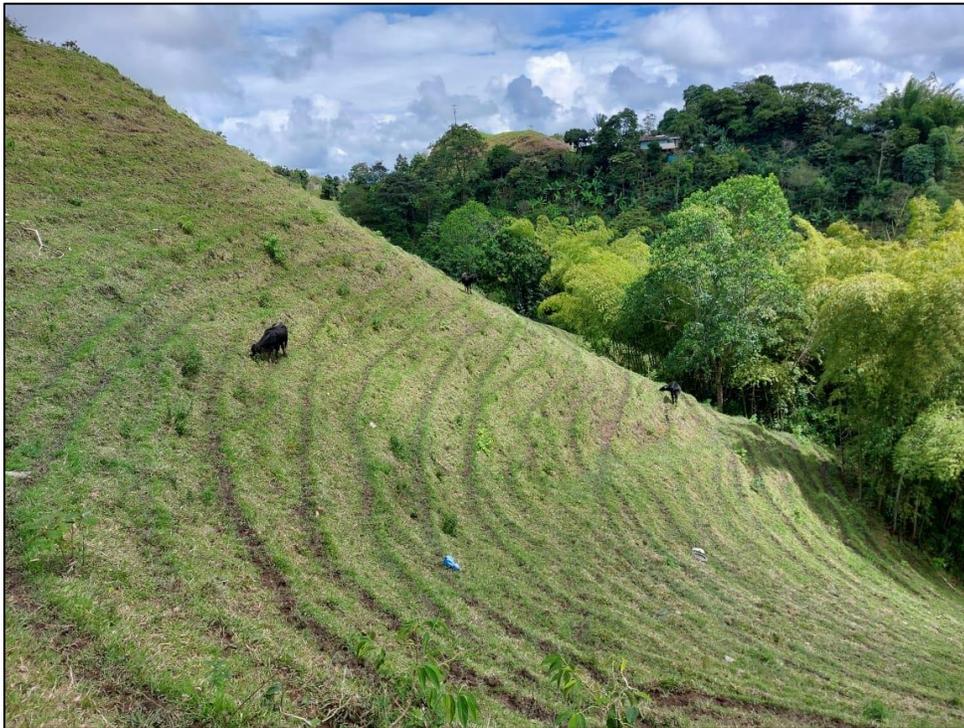
De manera general, en las visitas de reconocimiento se identificó que el uso de suelo más representativo del área de estudio es la ganadería extensiva (Figura 9) y se evidenciaron impactos de esta actividad tanto en el recurso hídrico como en el recurso suelo, siendo la más representativa la erosión por terracetos o pata de vaca (Figura 10, 11 y 12). 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, El Reflejo – Villarodas, 12-oct-2021



**Figura 12.** Pata de vaca, El Reflejo – Villarodas, 12-oct-2021

### **Diagnóstico de la actividad ganadera de la zona**

En la cuarta visita realizada a la zona de estudio, se encuestaron las fincas Potosí, El Reflejo, La Porfía y Villa Fabi. Los resultados de estas encuestas se presentan en el **Anexo 3**.

De acuerdo con estas encuestas, 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 13).



**Figura 13.** 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.
- ✓ 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 14.** 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

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

<b>AMENAZAS</b>	<b>Estrategias FA (supervivencia)</b>	<b>Estrategias DA (fuga)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructura vial en mal estado</li> <li>• Ausencia de asistencia técnica y extensión</li> <li>• Informalidad en la negociación de los productos generados en la zona                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca oferta de mano de obra</li> <li>• Mano de obra poco calificada</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asociarse                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• A través de la asociación solicitar asistencia técnica en diferentes temáticas</li> <li>• A través de la asociación, fortalecer las negociaciones de los productos generados</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechazar cualquier estrategia que combine debilidades y amenazas</li> </ul>

#### 2.2.4 Comunidades Indígenas 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 15 y 16).



**Figura 15.** Cultivo de café asociado con plátano, 25-oct-2021



**Figura 16.** Cultivo de plátano, 25-oct-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.



**Figura 17.** Nacimiento, comunidad Kima Drua, 25-oct-2021

Por su parte, La socialización con la población indígena Chacha Drua se realizó en el predio La Arboleda, donde se encuentra establecida la comunidad, pues no poseen predio propio.

Los problemas mencionados por la comunidad Chacha Drua es que no tienen acceso al agua potable y el recurso hídrico del que ellos se proveen es tomado de un nacimiento de una finca vecina llamada la Cristalina, la cual está destinada a ganadería.



**Figura 18.** Socialización comunidad indígena Chacha Drua, 25-oct-2021

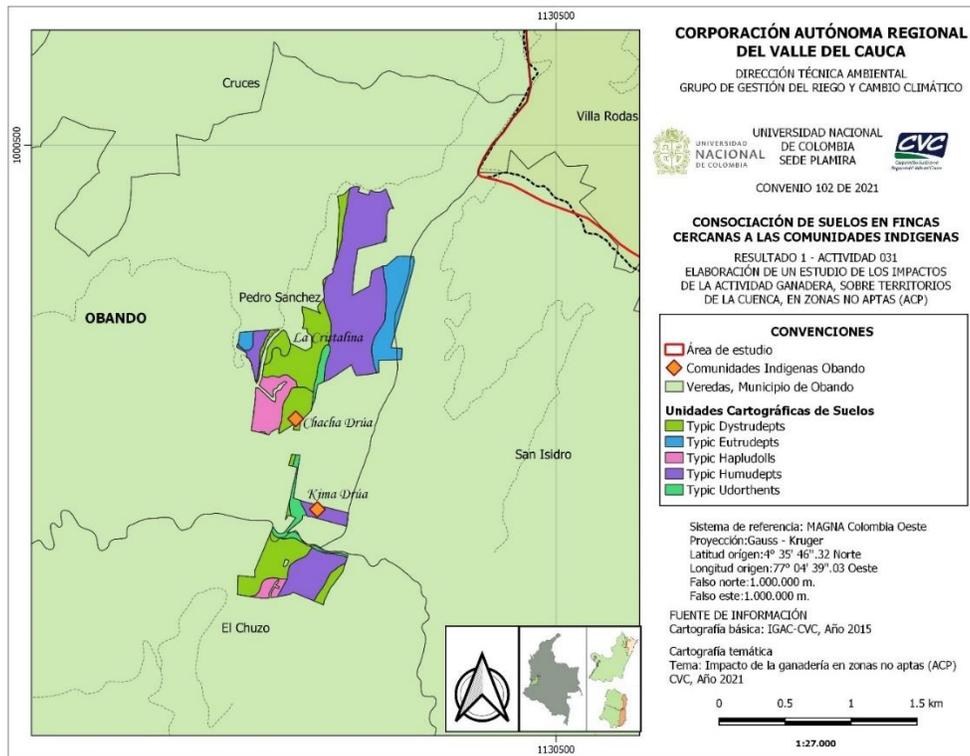
Es importante resaltar que en ninguno de los predios de las comunidades indígenas realizan actividades ganaderas, sin embargo, si es una actividad sobresaliente en el área de sus predios vecinos.

Durante el recorrido hacia las comunidades indígenas, se identificó la finca La Nacayna (Figura 19), destinada a ganadería, donde observaron procesos erosivos como terracetas o pata de vaca.



**Figura 19.** Finca ganadera Nacayna, 25-oct-2021

Posterior a la visita, se relacionaron los suelos de los predios visitados y debidamente georreferenciados. En la Figura 20 se presenta el mapa donde se identifican los tipos de suelos que se encuentran en el predio de las comunidades indígenas y en los predios vecinos.



**Figura 20.** Suelos identificados en los predios de las comunidades indígenas de Obando  
Fuente: Cartografía IGAC-CVC, 2014

Según la Figura 20, 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).

## Actividad

b. Analizar la información cartográfica y uso de imágenes satelitales para la delimitación de zonas ganaderas y procesos erosivos severos, orientado a la priorización de zonas para evaluación del impacto de la actividad ganadera.

## 2.3 Metodología

### 2.3.1 Revisión del uso del suelo (2015) empleando información satelital

Teniendo en cuenta que la información cartográfica de coberturas se encuentra actualizada al año 2015, se descargó una imagen satelital SENTINEL 2 de la página de Servicio Geológicos de Estados Unidos (USGS) <https://earthexplorer.usgs.gov/>, con el propósito de generar una clasificación supervisada del área de estudio, que permita visualizar a detalle las áreas con vegetación y evidenciar si se ha generado algún cambio en las coberturas, especialmente en el área de pastos y así, realizar la priorización de zonas para la evaluación del impacto de la actividad ganadera.

### 2.3.2 Clasificación supervisada para definición de zonas ganaderas y procesos erosivos

La metodología empleada para realizar la clasificación supervisada fue la siguiente:

Para la selección de la imagen se ejecutó una búsqueda desde enero del 2020 hasta diciembre del 2021, en esa brecha de tiempo se eligió la imagen que presentara menor porcentaje de nubosidad para que no interfiriera en los reportes de la clasificación.

De esta manera, se realizó la descarga de una imagen satelital SENTINEL-2 de la USGS con fecha del 18 de febrero del 2020 y una nubosidad del 2.62% en la que abarcará la zona de estudio del municipio de Obando del Valle del Cauca con una superficie de 3379.34 Ha.

Seguidamente, con ayuda del software de sistema de información geográfico de uso libre QGIS 3.16.0 se efectuaron recortes a las bandas del espectro visible 2, 3, 4 (azul, verde y rojo) y a la banda del infrarrojo cercano - NIR (banda 8) con la capa máscara de la zona de estudio. Estas bandas presentan una resolución de 10m.

Posteriormente, se ejecutaron tres procesos de clasificación supervisada utilizando imágenes resultantes de diferentes combinaciones de bandas y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Estos procesos se llevaron a cabo con ayuda de la herramienta Semi- Automatic Classification del software QGIS.

- La primera clasificación se realizó con la imagen resultante de la combinación de las bandas 4-3-2 que corresponden a los colores Rojo-Verde -Azul del espectro visible y se le llamo color natural.
- La segunda se nombró NDVI la cual, se realizó con el NDVI calculado con las bandas 4 y 8; este índice NDVI ayuda a diferenciar la vegetación de otros tipos de cubierta terrestre (artificiales) combinando matemáticamente la banda roja del espectro visible y la banda del NIR.

$$DVI = \frac{(Banda\ 8 - Banda\ 4)}{(Banda\ 8 + Banda\ 4)}$$

- Por último, se realizó la clasificación con la combinación resultante del NDVI y las bandas 3 y 2, la cual se llamó NDVI23.

Por otro lado, se catalogaron 7 macro clases para la clasificación de las coberturas identificadas: bosques, cultivos, pastos con pata de vaca (siendo el proceso erosivo más representativo del área de estudio, según lo identificado en los recorridos realizados), pastos desarrollados (o de buena cobertura), pastos con baja cobertura, zonas urbanas y nubes.

Para la identificación de las clases mencionadas, se utilizaron 10 polígonos por clase y se tomó como base la ortofoto de Google satélite y los puntos georreferenciados de las coberturas observadas en los recorridos realizados.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las coberturas de mayor interés encontradas en las visitas de reconocimiento e identificadas con Google satélite.

**Tabla 8.** Información de las coberturas de mayor interés.  
 Fuente: Elaboración Propia

Clases	Fotos	Descripción
Zonas Urbanas	 <p data-bbox="631 821 938 852">Fuente: Google satélite</p>	<p data-bbox="1060 506 1382 674">Zonas urbanas, se puede identificar por la alta reflectancia que genera los materiales artificiales.</p>
Bosques	 <p data-bbox="631 1402 938 1436">Fuente: Google satélite</p>	<p data-bbox="1060 1079 1382 1213">Este tipo de cobertura se caracteriza por ser de vegetación densa y formas irregulares.</p>

Clases	Fotos	Descripción
<p>Cultivos</p>	 <p>Fuente: Google satélite</p>	<p>Los cultivos se determinan por la separación entre plantas, calles y las líneas rectas sobre el terreno.</p>
<p>Pasto con pata de vaca</p>	 <p>Fuente: Google satélite</p>	<p>Se caracterizan por presentar surcos frecuentes y degradación en la parte superficial del terreno.</p>
<p>Pastos con baja cobertura</p>	 <p>Fuente: Google satélite</p>	<p>Representa las áreas donde el pasto ha perdido su vigor, donde el suelo presenta déficit hídrico y se ha implementado masivamente la actividad ganadera.</p>

Clases	Fotos	Descripción
<p>Pastos desarrollados</p>	 <p>Fuente: Google satélite</p>	<p>Areas sin deficit hidrico y con buen manejo de las praderas.</p>

Cabe resaltar que, a pesar de que en estas salidas de reconocimiento también se observaron pequeños procesos de cárcavamiento o suelo desnudo en áreas muy específicas, en una resolución de SENTINEL (con un tamaño de píxel de 10m) no se distinguen estos procesos por su área reducida, a diferencia de la pata de vaca.

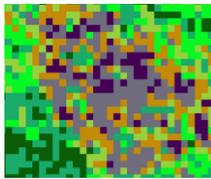
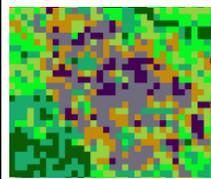
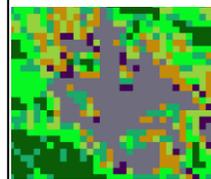
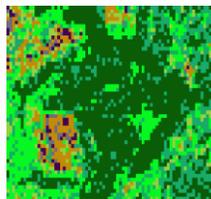
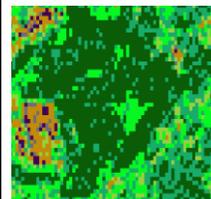
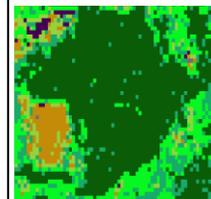
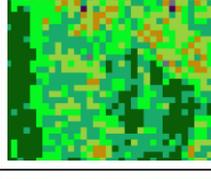
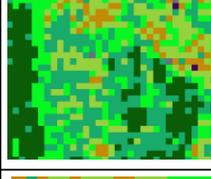
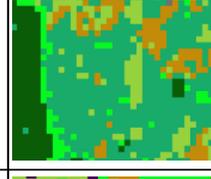
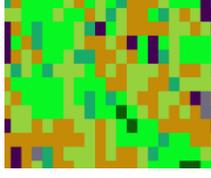
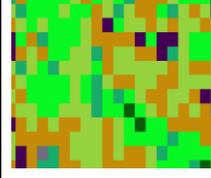
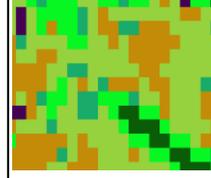
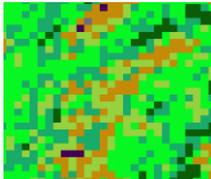
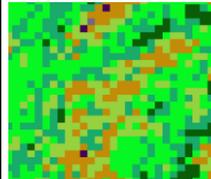
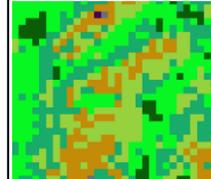
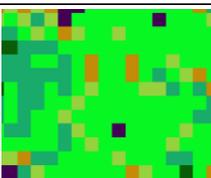
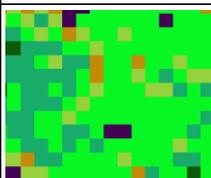
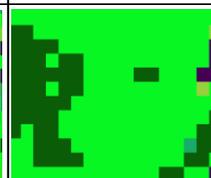
Finalmente, se define la clasificación que mejor represente las 7 clases evaluadas para posteriormente cuantificar sus áreas y de esta manera definir si han ocurrido cambios en la cobertura del suelo en comparación con la cartografía CVC del año 2015.

## 2.4 Resultados

Al trabajar la clasificación con combinaciones de bandas diferentes (color natural, NDVI y NDVI23) se tomó la decisión de trabajar con los reportes de la clasificación resultante del NDVI debido a que este ofrecía mayor precisión en la categorización de las clases evaluadas. Lo anterior, se puede observar en la tabla 8.

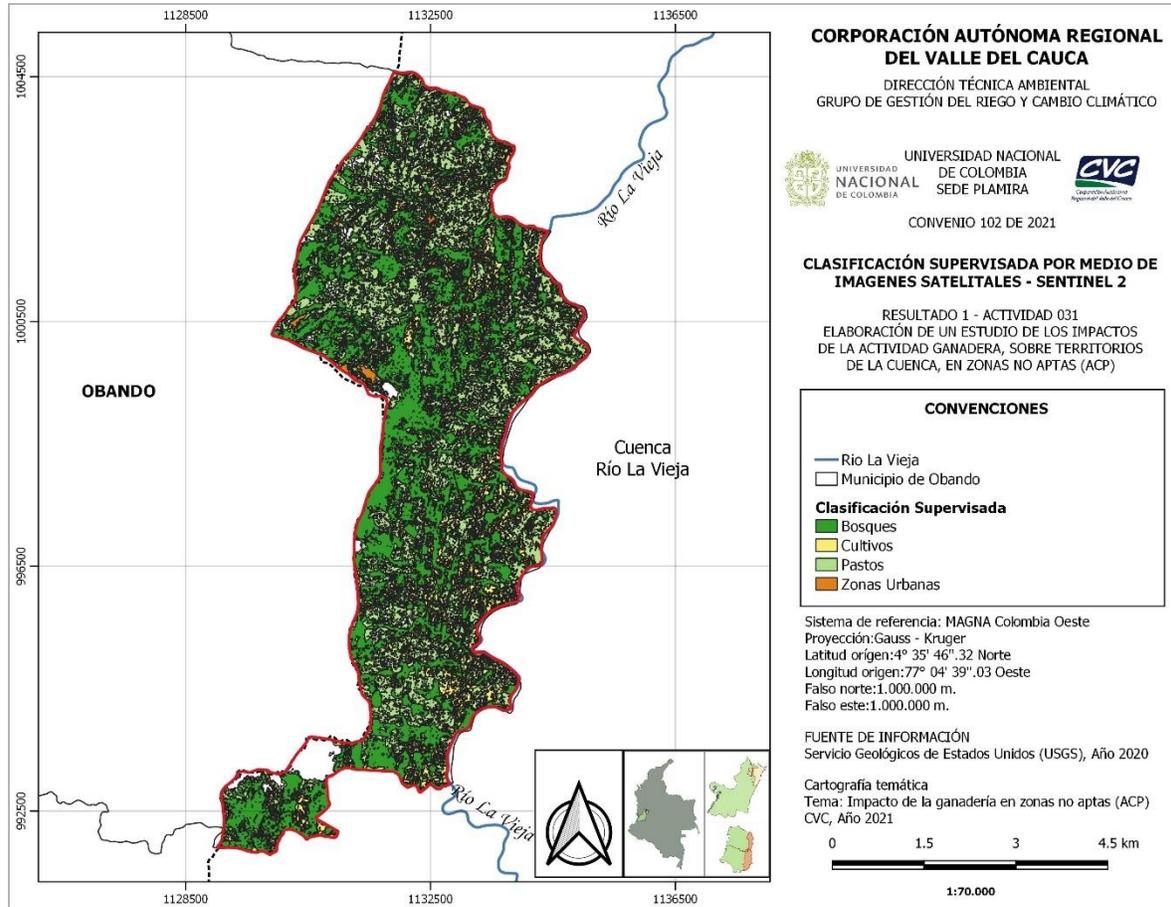
En la siguiente tabla se puede observar que el color morado representa las áreas de nubes, el gris representa zonas urbanas, verde oscuro los bosques, azul los cultivos, verde claro pastos desarrollados, el marrón pastos con baja cobertura y verde oliva pastos con pata de vaca.

**Tabla 9.** Comparación de las clasificaciones supervisadas con diferentes combinaciones de bandas.  
 Fuente: Elaboración propia

Clases	Imagen Google satellite	Color Natural	NDVI23	NDVI
Zonas Urbanas				
Bosques				
Cultivos				
Pastos- Pata de vaca				
Pastos con baja cobertura				
Pastos desarrollados				

Según lo observado en la Figura 9, se encontró que la cobertura de bosques fue la clase con mejor respuesta al proceso de clasificación, seguida de pastos, zonas urbanas y cultivos. La cobertura de cultivos presentó mucha dispersión, ocupando áreas correspondientes a la cobertura de pastos, dado que la reflectancia de las bandas 4 y 8 es similar.

En la figura 21, se presenta el mapa de la clasificación supervisada resultante al utilizar la imagen del NDVI con cada una de las clases definidas: bosques, cultivos, pastos con pata de vaca, pastos desarrollados, pastos con baja cobertura, zonas urbanas y nubes.



**Figura 21.** Clasificación supervisada mediante imágenes de satélite.

Fuente: Elaboración propia

En términos de área, en el proceso de clasificación de coberturas, se obtuvo que la mayor parte del área de estudio está ocupada por pastos con un 40.3%, de los cuales el 56% corresponde a pastos desarrollados, el 27% a procesos erosivos con pata de vaca (evidenciados en las visitas de campo) y el 17% a pastos con baja cobertura.

Por otra parte, en la Tabla 10, se detallan los porcentajes y áreas obtenidas para cada una de las clases evaluadas, en comparación con las áreas obtenidas de la capa temática de CVC (2015):

**Tabla 10.** Reportes de porcentaje de las diferentes clases evaluadas.

Clases	Clasificación año 2020		Coberturas CVC (2015)	
	Porcentaje %	Área [Ha]	Porcentaje %	Área [Ha]
Nubes	3,4	115,9	-	-
Zonas Urbanas	1	33,8	0,17	5,7
Cultivos	17,4	586,8	14,3	482,7
Bosque	38	1283,6	41,5	1404,5
Pastos	40,3	1360,8	42,5	1436,5

Según lo presentado en la Tabla 10, se encontró que no hubo mucha diferencia en el porcentaje de las clases comparadas (clasificación 2020 y coberturas CVC 2015), por lo que se concluye que no se han generado grandes cambios en el uso del suelo en la zona desde el último estudio realizado por la CVC.

A pesar de lo anterior, la clasificación supervisada realizada permitió tener una aproximación de la distribución de los pastos en el área de estudio.

### 3. PRIORIZACIÓN DE ZONAS

#### Actividad

c. Realizar al menos 6 visitas de campo para el levantamiento de información primaria, verificar estado de la vegetación y erosión en los suelos, georreferenciación de sitios priorizados, evaluación de 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 9 visitas de las cuales 5 fueron de reconocimiento, socialización y encuestas al municipio de Obando (Tabla 6) y 4 visitas se destinaron para la campaña de muestreo.

##### 3.1.1 Visitas de campo para el levantamiento de información primaria

Se realizaron 4 salidas de reconocimiento al municipio de Obando - cuenca La Vieja (Tabla 6), 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 la actividad ganadera de

la zona. Estas actividades se relacionan en el apartado 3.1.3 Línea base: actividades ganaderas.

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 ganaderas visitadas durante los recorridos fueron priorizadas.

### 3.1.2 Priorización de sitios para muestreo de suelos

En la priorización de sitios para evaluar el impacto de la actividad ganadera (extensiva) en suelos agrícolas del Municipio de Obando - 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 en campo.

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

Los sitios de muestreo de suelos se seleccionaron teniendo en cuenta que se logren identificar 3 niveles de erosión en cada predio:

- ✓ Nivel de erosión alto: Suelo desnudo (Figura 22).



**Figura 22.** Suelo desnudo, Finca Guayaquil 19-oct-2021

- ✓ Nivel de erosión medio: Terracetos o pata de vaca (Figura 23).



**Figura 23.** Terracetos o pata de vaca, Villarodas 29-sep-2021

- ✓ Nivel de erosión bajo: Cobertura de pastos (Figura 24).



**Figura 24.** Cobertura de pastos, Villarodas 12-oct-2021

Para el resultado R1A031 se seleccionaron 5 fincas para muestreo de suelos, teniendo en cuenta los criterios mencionados para la selección de sitios.

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

- Sitios de muestreo: 5 predios priorizados
- Puntos de muestreo: 3 puntos por predio (seleccionados según el grado de erosión)
- Repeticiones por sitio: 3 repeticiones por punto en las propiedades requeridas para determinar el factor erodabilidad.
- Medición de pendiente en cada escenario (puntos seleccionados por grado de erosión)



**Figura 25.** Medición manual de pendiente

Para determinar la pendiente en cada punto de muestreo se utilizaron dos jalones (J) de madera, una piola, un flexómetro, un nivel manual y otro de hilo. Los jalones fueron ubicados en dirección de la pendiente, debidamente 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 la longitud de cada 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 11. se presentan los rangos de pendiente y su respectiva clasificación según el IGAC.

**Tabla 11.** 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

RANGOS (%)	INTERPRETACIÓN
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 tiene 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.

En segundo lugar, se considera que en los Acuerdos de Consulta Previa (ACP) del POMCA La Vieja, el resultado R1A031 corresponde al componente agua, de esta manera, el análisis de suelos complementario se realizó en dirección a la capacidad de retención de agua de los suelos en los sitios priorizados; para esto se solicitaron análisis de propiedades como:

- Densidad aparente (método del cilindro)
- Curvas de retención de humedad

Finalmente, para complementar el análisis del impacto de la actividad ganadera, se analizaron propiedades físicas y químicas de suelos:

- 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 26).
- Al extraer el anillo se tuvo la precaución de dejar un poco de suelo por debajo y por encima (Figura 26), 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 26.** Muestreo de suelo. Fotos tomadas 9-noviembre-2021

En la tabla 12, se presenta el resumen de muestras tomadas para análisis de suelos requeridos para el resultado R1A031 y el número de muestras totales que se tomaron en los diferentes sitios priorizados.

**Tabla 12.** Resumen de los análisis de suelos requeridos para el resultado R1A031  
Fuente: Elaboración propia

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 (1kg de suelo)	3	3	45	Factor K - USLE
Arenas después de textura					
Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico Total (COT)	Disturbada (1kg de suelo)	3	3	45	
Conductividad hidráulica saturada (permeámetro de carga constante)	Anillos (5x5cm)	3	3	45	
Curvas de retención de humedad (ollas de Richards)	Anillos (5x5cm)	3	1	15	Análisis complementarios
Densidad Aparente	Anillos (5x5cm)	3	3	45	
Estabilidad estructural (metodología Yoder)	Disturbada (1kg de suelo)	3	1	15	
Distribución de agregados (metodología Shaker)					

### Análisis de agua

Para los análisis de agua, se tomaron muestras en 5 quebradas priorizadas en las visitas de campo (apartado 2.2.3) y 2 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.

### 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 y aguas (químico y microbiológico), 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 anterior) 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).

De esta manera, se destinaron 2 muestras de agua para los nacimientos de las comunidades, para análisis químico y coliformes y E. coli, y 9 muestras de suelo en la finca La Nacayna.

### Campañas de muestreo

Para el muestreo de suelos y aguas en zonas priorizadas, se programaron 4 salidas de campo a la zona de estudio, como se presenta en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Campañas de muestreo en el área de estudio  
Fuente: Elaboración propia

Nº	Fecha	Objetivo de la visita	Vereda	Predio
1	17-Nov-21	Muestreo de suelo, foliar y agua	Puerto Samaria	Villa Fabi
2	24-Nov-21	Muestreo de suelo, foliar y agua	Villarodas	Potosí
				El reflejo
3	25-Nov-21	Muestreo de suelo y foliar	Villarodas	La Porfía
4	6-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 destinados a ganadería, en el municipio de Obando, cuenca río La Vieja:

- Finca Potosí (Figura 27)
- Finca Soledad (Figura 28)
- Finca el Reflejo (Figura 29)
- Finca La Porfía (Figura 30)
- Finca Villa Fabi (Figura 31)
- Finca del señor Omar Alzate (Figura 32)



**Figura 27.** Predio Potosí, Villarodas, 29-sep-2021



**Figura 28.** Predio Soledad, Villarodas, 29-sep-2021



**Figura 29.** Predio El Reflejo, Villarodas, 29-sep-2021



**Figura 30.** Predio La porfia, Buenos Aires. 12-oct-2021



**Figura 31.** Predio Villa Fabi, Puerto Samaria. 19-oct-2021



**Figura 32.** Finca sr. Omar Alzate, Puerto Samaria. 19-oct-2021

Respecto al componente hídrico, se identificaron las siguientes quebradas, en las veredas Villarodas, Buenos Aires y El Chuzo (Tabla 14):

**Tabla 14.** Quebradas y nacimientos identificados en las verederas Villarodas y Buenos Aires.

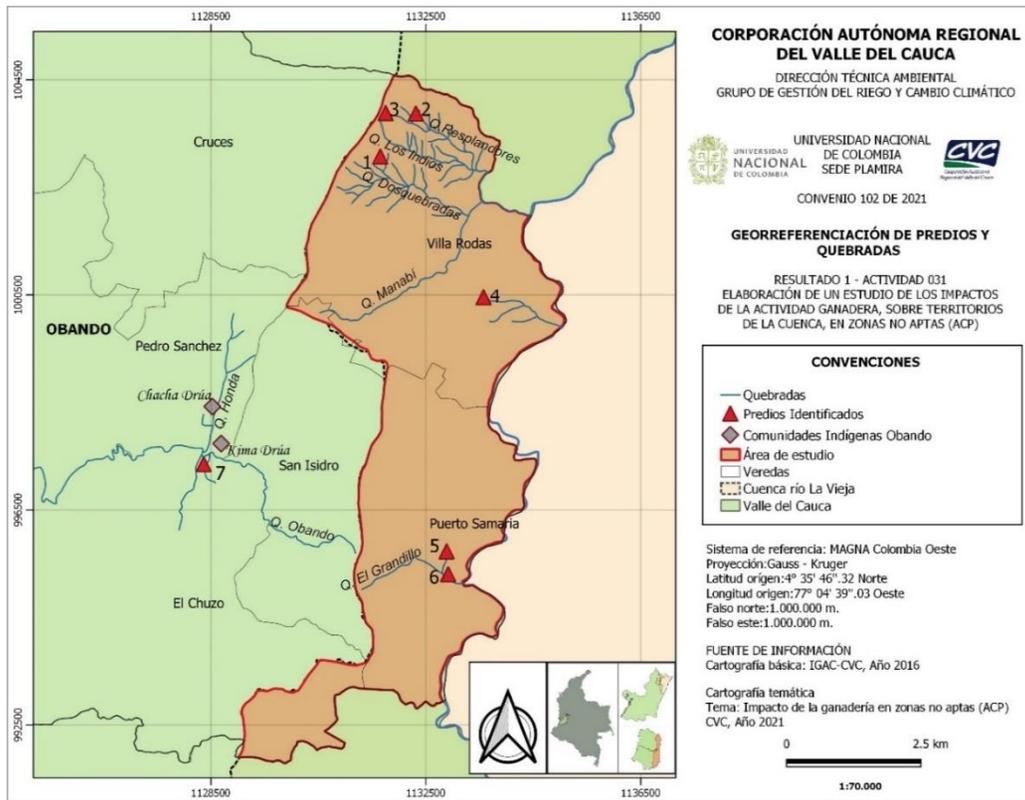
Quebrada	Vereda	Predio	Fotografía
Los Indios	Villarodas	Soledad (Potosí)	 <p>Fecha: 29-sep-2021</p>
Resplandores	Villarodas	El Reflejo (Potosí)	

Quebrada	Vereda	Predio	Fotografía
			Fecha: 24-nov-2021
Dos Quebradas	Villarodas	Potosí	 <p>Fecha: 25-nov-2021</p>
Manabí	Villarodas	-	 <p>Fecha: 12-oct-2021</p>
El Grandillo	Puerto Samaria	Villa Fabi	 <p>Fecha: 19-oct-2021</p>

Quebrada	Vereda	Predio	Fotografía
La Honda	El Chuzo	Comunidades indígenas	 <p>Fecha: 25-oct-2021</p>
Obando	El Chuzo	Comunidades indígenas	 <p>Fecha: 25-oct-2021</p>

### 3.2.2 Georreferenciación de sitios priorizados

En la Figura 33 se presentan los predios y las quebradas identificados en las salidas de campo realizadas, los predios fueron enumerados en el mapa y relacionados con la Tabla 13.



**Figura 33.** Predios y quebradas identificados en las salidas de campo en el municipio de Obando, Valle del Cauca.

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

Pedio	Vereda	UCS	% Área representativa de la UCS	Uso Recomendado (2015)	Pendientes según UCS (%)	Procesos erosivos
1. Potosí	Villarodas	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	
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	

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 2.2.2 (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

Teniendo en cuenta que las características contrastantes de los suelos entre las fincas identificadas y el área representativa de la UCS, se priorizan los predios **Potosí** y **El Reflejo** en Villarodas, **La Porfía** en Buenos Aires, **Villa Fabi** en Puerto Samaria y **La Nacayna** en El Chuzo (cerca al territorio de las comunidades indígenas) para realizar muestreo de suelos.

### 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.

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

Fecha	Finca	Vereda- municipio	Foto
Nov-25-2021	La Porfia	Buenos aires- Obando	
Nov-24-2021	El Reflejo	Villa Rodas- Obando	
Nov-17-2021	Villa Fabi	Puerto samaria- Obando	
Dic-10-2021	Nacayna	El chuzo-Obando	

Por otra parte, para el muestreo de agua se priorizaron las quebradas **Manabí, Resplandores, Los Indios, Dosquebradas, El Grandillo** y los **dos nacimientos** de las 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

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 5.

### **Análisis de propiedades físicas de los suelos**

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 19) 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/cm<sup>3</sup>; valores <1g/cm<sup>3</sup> se encontraron en las fincas Potosí y el Reflejo. Valores de densidad aparente por encima de 1.4 g/cm<sup>3</sup> se relacionaron con niveles de compactación en los suelos, teniendo en cuenta las texturas encontradas.

### **Análisis de propiedades químicas de los suelos**

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.

## **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 las 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, la comunidad Kima Drua presentó valores de Coliformes de 400 UFC/100ml, 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 17. 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 17.** Análisis de agua de los nacimientos de las comunidades indígenas.

Parámetro	Unidades	Valores encontrados		Valor Max. Permissible
		Kima Drua	Chacha Drua	Agua consumo humano- Resolución 2115 del 2007
Dureza	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	92,75	105,17	300
pH		7,91	7,18	6,5 - 9
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	0,34	0,47	1
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	meq/l	1,52	1,47	3
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	meq/l	0,33	0,63	2,96
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	meq/l	0,04	0,19	7,04
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	meq/l	2,02	3,46	7,04
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>≡</sup> )	mg/l	<0,20	<0,20	0,5
Hierro (Fe)	mg/l	<0,50	<0,50	0,3
E.coli	UFC/100ml	<100	50	0
Coliformes	UFC/100ml	400	17,050	0
Relación de adsorción de sodio (RAS)	mg/l	0,87	1,62	
Solidos totales disueltos (TDS)	mg/l	0,24	0,33	
Boro (B)	mg/l	0,1	0,1	
Potasio (K <sup>+</sup> )	meq/l	0	0,01	
Sodio (Na <sup>+</sup> )	meq/l	0,84	1,66	
Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> )	meq/l	0	0	
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	meq/l	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, siempre y cuando el agua vaya hacer 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

d. Realizar la estimación de pérdida de suelos en las áreas priorizadas y su relación con la actividad ganadera (impactos y escenarios de 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.

#### Factor R

##### Análisis de registros de precipitación para el cálculo de R

Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó información de las 7 estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio; según el nivel de detalle de los registros de las estaciones pluviométricas (4 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<sub>vc</sub>**.

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 18.

**Tabla 18.** Clasificación de la erosividad propuesta por Rivera y Gómez (1991).

Fuente: Ramírez-Ortiz et al. (2007)

Clase	Erosividad R (Mj.mm.ha <sup>-1</sup> )	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) - *EI30<sub>cor</sub>*.

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 (Fernandez 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:

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

Donde pi 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 18).

#### Método de correlación propuesto para el Valle del Cauca - *EI30<sub>vc</sub>* (Calero, Martínez & Menjívar, 2021)

De manera similar al método **EI30<sub>cor</sub>**, el método **EI30<sub>vc</sub>** 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 & Menjivar, 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 6), para el método **USLE-EI30** sólo fue posible analizar el registro de 3 estaciones pluviográficas, mientras que para los métodos de correlación **EI30<sub>cor</sub>** y **EI30<sub>vc</sub>**, se analizó el registro de 7 estaciones incluyendo tanto estaciones pluviográficas como pluviométricas.

### Factor K

De acuerdo con Mancilla Escobar (2008), la USLE se 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 (Ks) 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 19.** 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 2 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 20.** 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 clasificarán según los rangos propuestos por USDA (1962), los cuales se presentan en la Tabla 21.

**Tabla 21.** Clasificación de la erodabilidad propuesta por la USDA (1962).

Fuente: USDA (1962).

Valor de K (t. ha. h. MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	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

### ✚ 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),  $\lambda$  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  $\lambda$  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 22.** 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 23.** 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 24.** 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, estos valores de Factor C presentados en la Tabla 25, son los que se tuvieron en cuenta en el resultado R1A031.

**Tabla 25.** Factor C obtenido para las coberturas priorizadas.

Fuente: Adaptado de IGAC-CVC, 2015

Cobertura	Factor C
Suelo desnudo	1.0
Pastos	0.1

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

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 para esta práctica se presentan en la Tabla 26.

**Tabla 26.** Valores del factor P y límites de pendiente - longitud para contorno propuestos por Wischmeier y Smith, 1978.

Fuente: Manual de SWAT (Neitsch et al., 2011).

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 R1A031 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, municipio Obando) 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.
- Por otra parte, no se encontró un registro continuo (cada 10 minutos) en todos los años 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 7 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

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 27 se presentan los valores de R obtenidos y su respectiva clasificación:

**Tabla 27.** Valores de R obtenidos por el método USLE-EI30.  
Fuente: Elaboración propia

Estación	EI30 USLE (MJ*mm/ha-año)						Clasificación
	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio	
Arboleda	-	-	-	-	3341.90	3341.9	Baja
Pto Alejandria	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 28 se presenta el IMF y la erosividad calculada a partir de los métodos **EI30cor** y **EI30vc**.

**Tabla 28.** 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
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 28 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

5062.7 y 9147.5 MJ\*mm/ha-año; mientras que el factor R calculado por el método **EI30<sub>VC</sub>** 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 27) 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 **EI30<sub>VC</sub>**, pues los valores obtenidos por el método **EI30<sub>cor</sub>** se consideran muy altos en comparación con la erosividad encontrada para el área de estudio (Tabla 27).

Por lo anterior, se sugiere utilizar un valor de erosividad de **3472 MJ\*mm/ha-año** para el área de estudio, como un valor promedio de los **EI30<sub>VC</sub>** obtenidos para las 7 estaciones evaluadas, con una desviación estándar de 741.6.

### Factor K

En la Tabla 29 se presentan los promedios de los valores encontrados para las variables de entrada de la ecuación utilizada para determinar el Factor K.

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 a lo presentado en las Tablas 19 y 20 respectivamente.

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

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

**Tabla 29.** Categorización del factor K en diferentes grados de erosión.

Finca	Vereda, municipio	Grado de erosión	Promedio de valores encontrados					Factor K (t. ha. h/ MJ.mm.ha)	Categoría Factor K
			MO (%)	MO (USLE)	Ks (cm/h)	Código Perm. (p)	Textura		
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 arcilloso limoso	0.2773	Medianamente erodable
		Alta	3.0	3	8.9	3	Franco limoso	0.5077	Fuertemente erodable

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)	
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

Según lo presentado en la Tabla 29, el factor K para fincas ganaderas, oscilo entre 0.2723 y 1.0702 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 21; 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 conductividad hidráulica saturada, 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 lo 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 LS

En la Tabla 30 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 30.** Pendientes determinadas para las fincas 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

De acuerdo con la Tabla 30 las pendientes oscilaron entre 23 y 71%, las cuales corresponden a las categorías de fuertemente inclinada a moderadamente escarpada según la clasificación IGAC.

Respecto al factor LS se obtuvieron valores entre 0.57 y 2.82, presentando una relación directamente proporcional con el porcentaje de pendiente.

### 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 el valor obtenido para la cobertura de pastos fue de **0.1** y un valor de **1.0** para condiciones de suelo desnudo.

Teniendo en cuenta los 3 escenarios escogidos para evaluar el impacto de la ganadería (pastos con buena cobertura, pata de vaca y suelo desnudo) se utilizaron los siguientes valores para el Factor C en el escenario actual, donde la pata de vaca se tuvo en cuenta como un punto medio entre los pastos con buena cobertura (90%) y condiciones de suelo desnudo, obteniendo un valor de C igual a **0.5**. Lo anterior, se resumen en la Tabla 31.

**Tabla 31.** Factor C obtenido para evaluar el impacto de la ganadería.

Fuente: Adaptado de IGAC-CVC, 2015

Cobertura	Factor C
Pastos (cobertura >90%)	0.1
Pastos con procesos erosivos: pata de vaca	0.5
Suelo desnudo	1.0

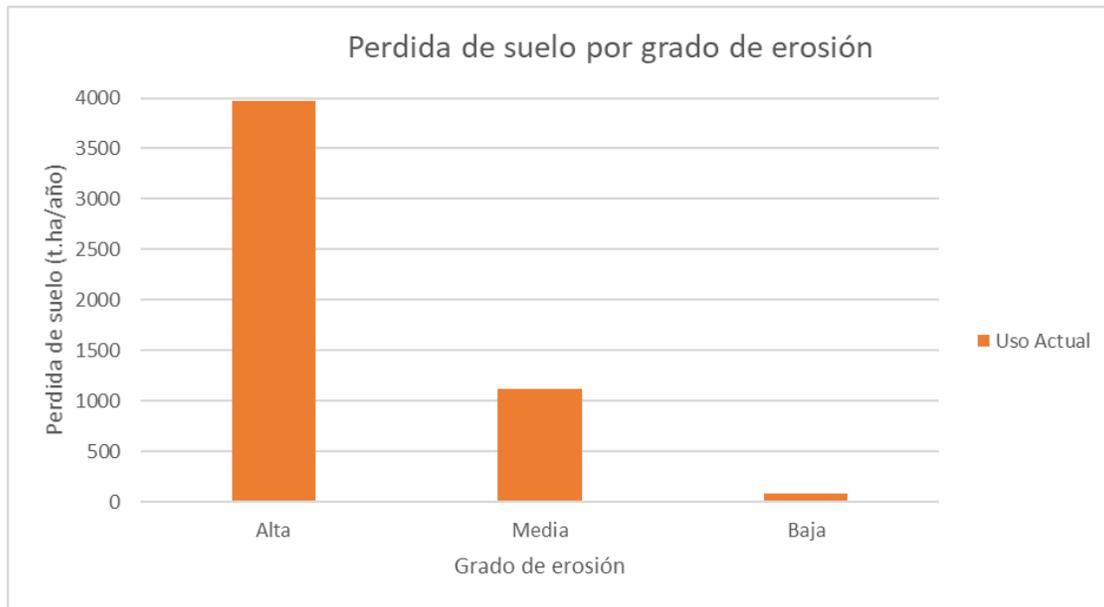
Respecto al **Factor P**, en las salidas de campo realizadas no se identificaron prácticas de conservación consideradas por la USLE, por esta razón se asume que no se implementa ninguna práctica de conservación y el Factor P será igual a **1**; de esta manera el valor obtenido en pérdida de suelo será 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 55 y 6597 t/ha-año, para el escenario actual.

En la Figura 32 se presentan los promedios de pérdida de suelo para los diferentes grados de erosión evaluados



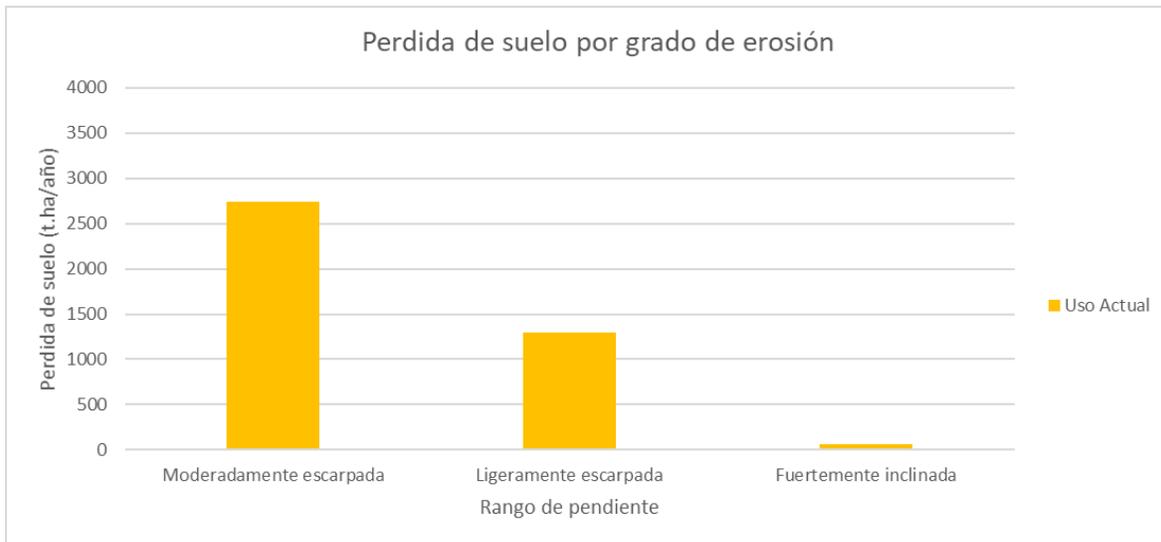
**Figura 34.** *Perdida de suelo en fincas ganaderas por diferente grado de erosión en el escenario actual.*

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 3970 t/ha-año, y una desviación estándar de 1732.

En la erosión media, o pata de vaca, la pérdida de suelo estimada fue de 725 a 1517 t/ha-año, con un promedio de 1124 t/ha-año, y una desviación estándar de 336.

Por su parte, en la erosión baja (pastos con buena cobertura) se encontraron valores entre 55 y 125 t/ha-año, un promedio de 79.7 t/ha-año, y una desviación estándar de 28.

De igual forma, la pérdida de suelo se relacionó con los diferentes rangos de pendientes, como se presenta en la Figura 35.



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

De acuerdo con la Figura 35, los rangos de pendiente evaluados presentaron la misma tendencia que los grados de erosión de la Figura 34, de esta manera, en las pendientes moderadamente escarpadas se encontraron los valores más altos de pérdida de suelo con un promedio de 2738 t/ha-año, seguido por los valores encontrados en la pendiente ligeramente escarpada con un promedio de 132 t/ha-año y finalmente, los valores más bajos en la pendiente fuertemente inclinada con un promedio de 63 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 el mayor impacto de la actividad ganadera se encontraba en las pendientes más altas, lo cual coincidió con el análisis de las Figuras 34 y 35.

De manera complementaria, se relacionó la cantidad de puntos muestreados con los factores erosión-pendiente, encontrado la información presentada en la Tabla 30.

➤ **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 los suelos del área de estudio y las pendientes entre el 12-25%, se definen dos categorías:

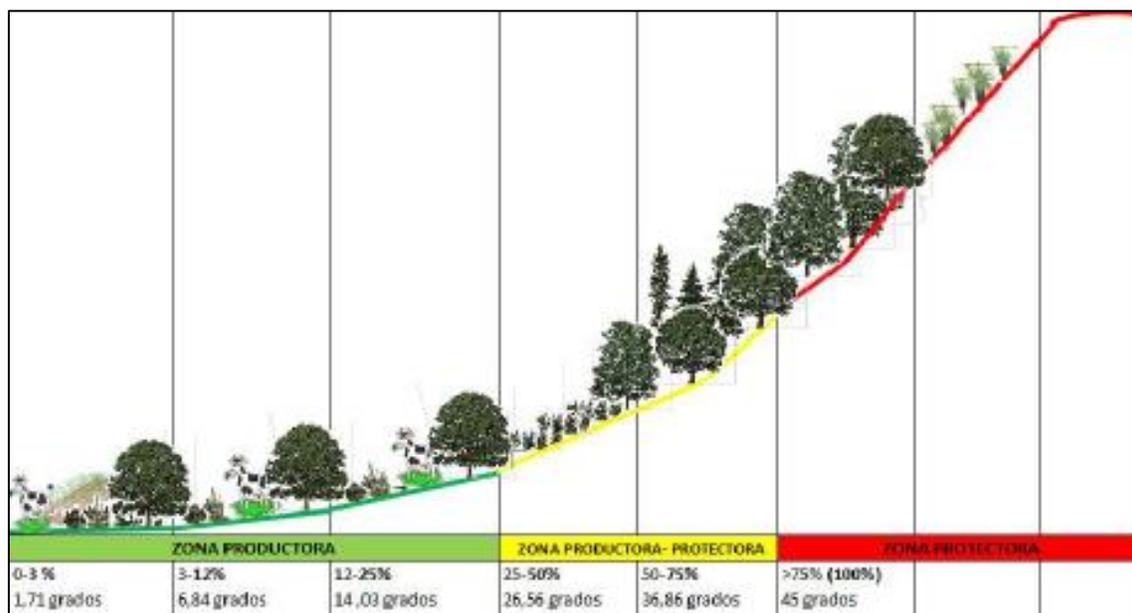
- **Pendiente fuertemente Inclinada**, donde se recomiendan actividades agrosilvícolas (AGS) bajo cultivos semipermanentes y permanentes asociados con especies
- **Pendiente fuertemente Inclinada con erosión moderada**, relacionada con tierras aptas para sistemas silvopastoriles: ganadería con pastos 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 de 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 36. 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-IGAC (2015) está 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 22.

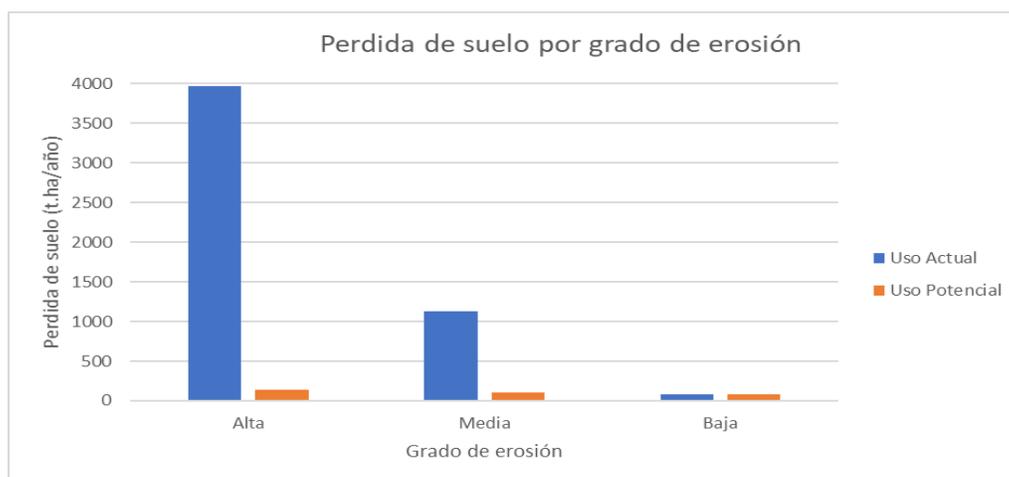
Con base en lo anterior, el uso potencial definido por grado de pendiente y los nuevos valores asignados para el factor C, se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 32.** 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 en escenario potencial

Integrando los factores R, K, LS, P e implementando los cambios en el factor C (Tabla 32), 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.



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

Según lo observado en la Figura 37, la pérdida de suelo disminuye en mayor medida en el grado de erosión alto (de 3970 a 140 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, según los usos recomendados CVC (2015).

En el grado de erosión media o pata de vaca, la pérdida de suelo disminuyó de 1124 a 100 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.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Este apartado presenta el análisis de los resultados de las muestras de suelos y aguas realizados con el objetivo de comprender el impacto de la ganadería en la zona de estudio.

### Actividad

e. Analizar los resultados obtenidos y generar informe con el estudio de los impactos de la actividad ganadera sobre territorios de la cuenca, en zonas no aptas (ACP), con sus respectivos anexos cartográficos digitales.

### 5.1 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 3.2.3. El procesado 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.

#### 5.1.1 Análisis estadístico de los análisis de suelos

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 3.2.3), 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 y 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.

Finalmente, se realizó un agrupamiento jerárquico que permite unir las variables con mayor similitud y/o características comunes, partiendo del método del vecino más cercano. Esta metodología parte uniendo las 2 variables con menor distancia, creando una nueva matriz y así sucesivamente hasta obtener un gráfico denominado dendograma.

### 5.1.2 Resultados

#### ❖ Análisis de varianza

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 (Ks), densidad aparente (Da), 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 33 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 33.** Resultados por factor del análisis de suelos destinados a ganadería que presentan o no diferencia significativa.

Factor	Ks	MO	Densidad aparente	Porosidad Total	Macroporos	Mesoporos	Micro poros	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.	C.D.S	C.D.S	S.D.
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 33, 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.

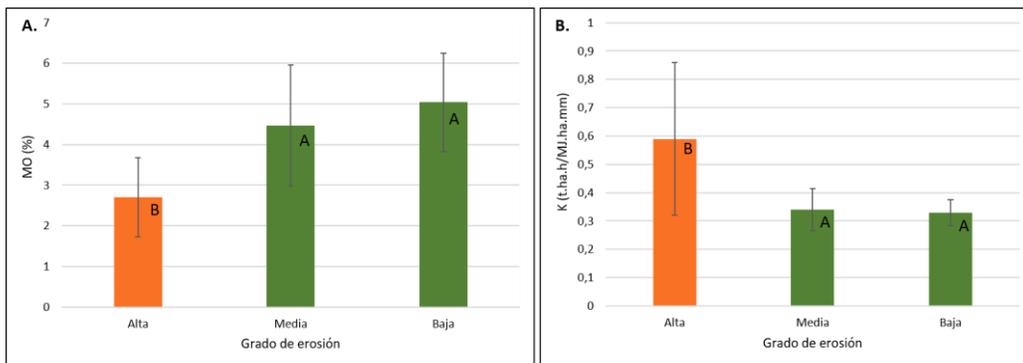
Respecto a la erodabilidad del suelo, se encontraron diferencias por grado de erosión y rango de pendiente, mientras que en los factores consociación de suelo y orden de suelo no se presentaron diferencias significativas.

En términos de consociación de suelos, fue donde se encontraron que la mayoría de las propiedades evaluadas presentaron diferencias, a excepción de los macroporos y la erodabilidad, 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



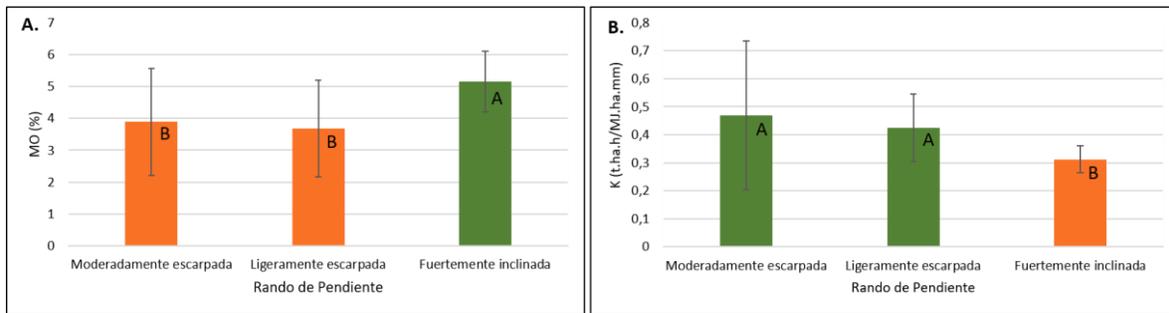
**Figura 38.** Diferencias significativas presentadas en: A. Materia orgánica (MO) en diferente grado de erosión y B. erodabilidad (K) en diferente grado de erosión.

Según lo observado en la Figura 38, 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 39.** 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 39, la materia orgánica fue mayor y significativamente diferente en las pendientes fuertemente inclinadas (<25%), mientras que en las pendientes ligera y moderadamente escarpadas (25 a >50%) el contenido de MO fue menor y no se presentaron diferencias significativas.

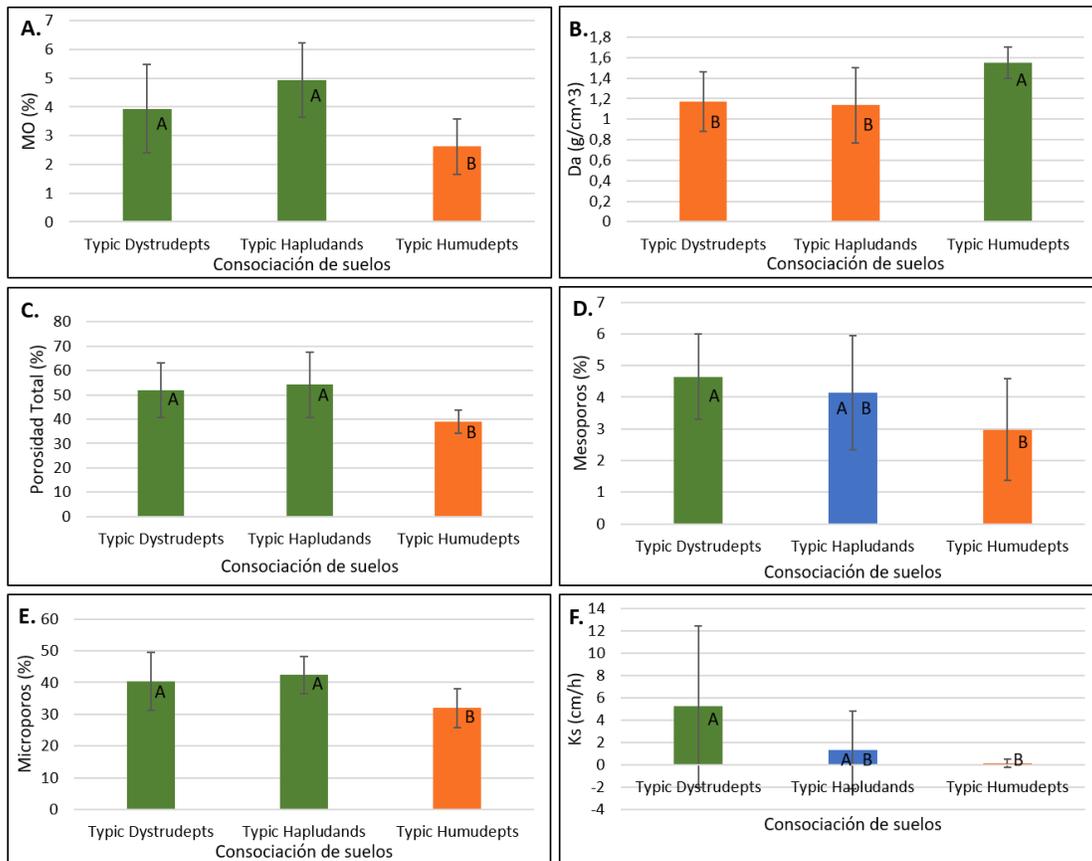
Con base en lo anterior, los factores grado de erosión y rango de pendiente, están indicando que en los pastos de buena cobertura y en los pastos con pata de vaca, los suelos son igual de susceptibles a la erosión, sin embargo, esta susceptibilidad del suelo está fuertemente influenciada por la pendiente 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 conductividad hidráulica saturada (Ks) y los meso y microporos 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 consociación o subgrupo, los suelos evaluados son igual de susceptibles a la erosión



**Figura 40.** Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a cada consociación. A. Materia orgánica (MO) B. Densidad aparente (Da), C. Porosidad total D. Mesoporos, E. Microporos y F. Conductividad hidráulica Saturada.

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

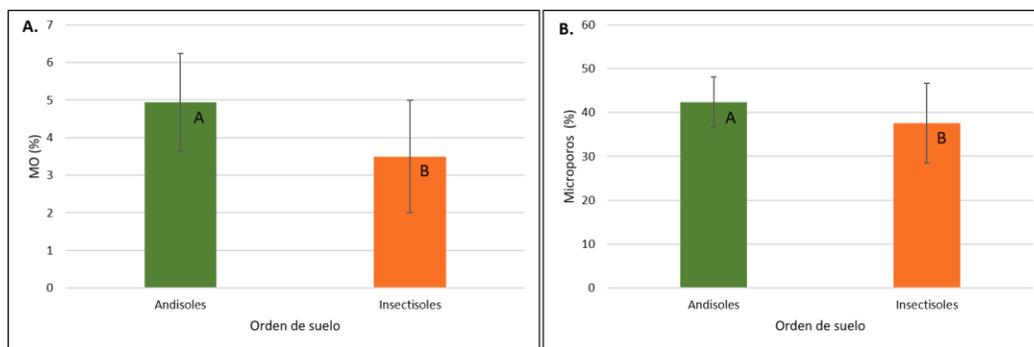
Respecto a la densidad aparente, se observó una relación inversa con la porosidad y la materia orgánica, mientras que estas dos últimas propiedades presentaron una relación directa, es decir que en las consociaciones Typic Dystrudepts y Typic Hapludands donde el porcentaje de porosidad y materia orgánica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

En ese sentido, en términos de densidad aparente, porosidad total y microporos, las consociaciones Typic Dystrudepts y Typic Hapludands no presentaron diferencias significativas entre ellas, sin embargo, si son diferentes significativamente respecto a la consociación Typic humudepts.

Respecto a la conductividad hidráulica saturada ( $K_s$ ), los valores más altos se encontraron en la consociación Typic Dystrudepts, la cual presentó diferencias significativas con la Typic humudepts, donde se observaron los valores más bajos de  $K_s$ ; por su parte, la Typic Hapludands presentó valores medios de  $K_s$  y no se encontraron diferencias con respecto a las demás 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 41.** Diferencias significativas de las propiedades físicas del suelo respecto a orden de suelo. A. materia orgánica (MO) y B. microporos.

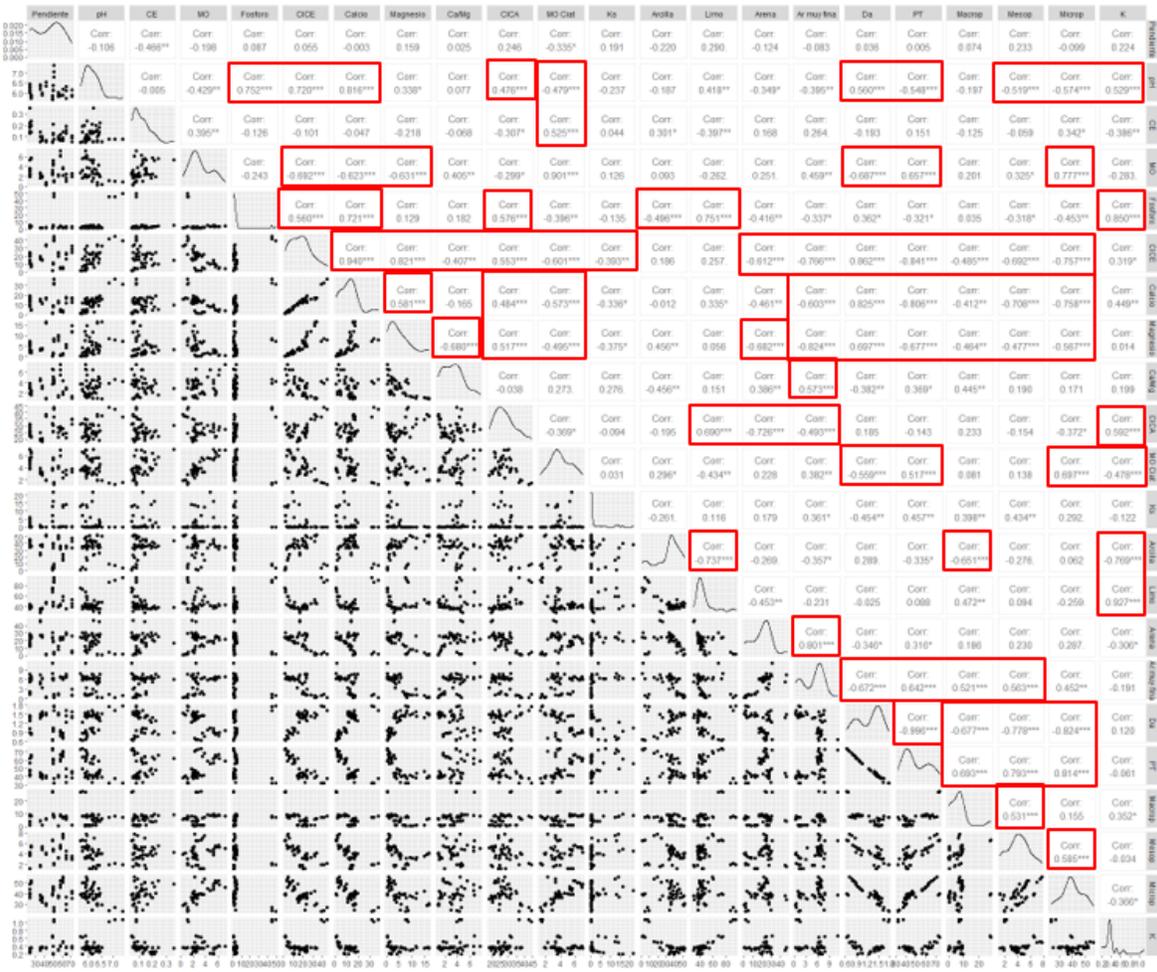
Según lo observado en la Figura 41, los suelos andisoles presentaron mayores contenidos de materia orgánica y microporosidad, siendo esta una característica propia de este orden, además de que presentan un alto potencial productivo, alta acumulación de carbono y nitrógeno, y alta capacidad de almacenamiento de agua, según lo citado por Hincapié Gómez et al. (2012).

### ❖ **Correlación entre las propiedades físicas y químicas de suelo**

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.

De acuerdo con la Figura 42, 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.



**Figura 42.** Presentación de las correlaciones obtenidas entre las propiedades fisicoquímicas de suelo y el factor erodabilidad (k) para los suelos evaluados. Fuente: Elaboración propia

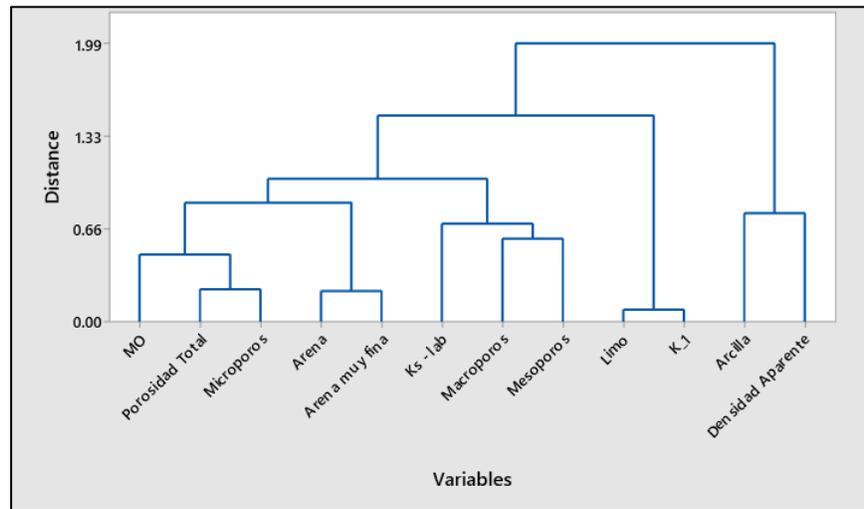
En este sentido, el fósforo presentó una correlación positiva con el contenido de calcio y el porcentaje de limos, y una correlación negativa con el porcentaje de arcilla, que, a su vez, presentó una relación inversa con los limos, las arenas muy finas y los mesoporos.

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 (Ks); y correlaciones positivas con el contenido de fósforo, CICE y calcio. Estas correlaciones pueden justificar los valores tan bajos de Ks obtenidos en laboratorio (**Anexo 4**).

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





**Figura 44.** Dendrograma resultante de la agrupación jerárquica de las propiedades que intervienen en el cálculo del factor K.

Según lo observado en la Figura 44, se puede inferir que los valores de densidad aparente en los suelos evaluados están relacionados con el porcentaje de arcilla, los cuales fueron altos según los análisis de suelos obtenidos de laboratorio (**Anexo 4**). asimismo, el factor erodabilidad (K\_1) se encontró altamente relacionado con el porcentaje de limos, lo cual se puede comparar con la alta correlación de Pearson encontrada para estas dos propiedades en la Figura 42.

Por su parte, la conductividad hidráulica saturada (Ks-lab) presentó mayor similitud con los porcentajes de macro y mesoporos, los cuales se encontraron en un porcentaje menor en comparación con los microporos. Esto se puede relacionar con los bajos valores de Ks determinados en laboratorio.

Respecto a la materia orgánica (MO) presentó alta relación con la porosidad total, que a su vez se encontró altamente relacionada con el porcentaje de microporos.

Recopilando los análisis realizados, se puede concluir que la susceptibilidad del suelo a la erosión en el área de estudio se encuentra en las categorías de mediana, fuerte y extremadamente erodable según la clasificación de la USLE.

Las texturas arcillosas de estos suelos influyen en gran medida en las altas densidades aparentes, sin embargo, en los casos donde la  $D_a > 1.4g/cm^3$ , se relacionaron con procesos de compactación por la actividad ganadera.

Al tratarse de suelos arcillosos, en algunos casos con niveles de compactación, los macro y mesoporos se ven afectados, limitando el movimiento de agua en el suelo, lo cual se pudo evidenciar en los valores tan bajos de la conductividad hidráulica saturada, determinada en laboratorio.

Los microporos, por su parte, presentaron valores altos, indicando la alta capacidad de retención de humedad de estos suelos, y a su vez, presentaron alta correlación con la porosidad total y la materia orgánica, la cual, presentó altos contenidos en los grados de

erosión media y baja y se fueron reduciendo en condiciones de suelo desnudo (grado de erosión más alto).

Así como la materia orgánica se redujo en los grados de erosión alta (o suelo desnudo), se encontró que el porcentaje de limos aumentó en estas mismas condiciones, disminuyendo los porcentajes de arcillas e influyendo fuertemente en la susceptibilidad de los suelos a la erosión. Esto se puede relacionar con la pérdida de los primeros horizontes de suelo por acciones erosivas y por consiguiente la pérdida de su fertilidad y su resistencia a la erosión.

Respecto a las propiedades químicas, se encontraron valores altos de calcio, magnesio y CICE, los cuales tuvieron una alta correlación con la densidad aparente, por lo que se puede inferir que estas propiedades influyen indirectamente con el movimiento limitado de agua en los suelos evaluados.

## 6. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

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

### 6.1 Metodología

La actividad de socialización de resultados se realizó con la ayuda de las UMATAS, principalmente en aspectos logísticos como la definición de sitios para los talleres y socialización.

La actividad de socialización de resultados se llevó a cabo con las comunidades indígenas del municipio de Obando. En esta socialización se invitaron a los líderes de las comunidades y se presentaron las actividades realizadas en el proyecto y las conclusiones alcanzadas.

Además, como de una estrategia de formación, se realizó una capacitación con los ganaderos del municipio de Obando, Cuenca La Vieja. Esta capacitación se realizó con el apoyo del zootecnista PhD. Raúl Molina.

Para estas actividades, se diseñó un poster, un folleto y se realizaron invitaciones de acuerdo a los objetivos de la actividad de estudio (R1-A031), los cuales se presentan en el **Anexo 7**.

#### 6.1.2 Resultados

En la Tabla 34. se presentan la fechas, hora y lugar donde se llevó a cabo la socialización con las comunidades indígenas del área de estudio.

**Tabla 34.** Cronograma de la actividad de socialización y capacitación.

Fuente: Elaboración propia

Actividades a desarrollar	Dirigida a	Fecha	Hora	Lugar
<b>Capacitación:</b> “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	Casa de la cultura, municipio de Obando
<b>Socialización de actividades:</b> “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 2.2.3 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 ganaderos se presenta en el **Anexo 8**.



**Figura 45.** Capacitación a ganaderos, 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 recopilaban 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 interesadas en los resultados del proyecto.

A la actividad de socialización asistieron 3 miembros de cada comunidad. De la comunidad de Kima Drua asistieron Odulio Ortiga, Juan Carlos Prada y Noraldo Niquerú, de la comunidad Chacha Drua Luis Eduardo Escobar, Evelio Gutierrez Bedoya y Arnuldo Niqueru Cama.

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 46.** 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 compromiso 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 9**.

## CONCLUSIONES

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

Como primera medida, es importante mencionar que en la zona de estudio se observaron procesos de erosión, principalmente por terracetos o pata de vaca (10.9% del área total de pastos, según la clasificación realizada con imagen satelital en el apartado 2.3). Este tipo de erosión se observó en todas de las fincas ganaderas identificadas. 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.

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.

Si bien la erodabilidad 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 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.

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.

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, encaminados a la mejora en el manejo de la ganadería (como los sistemas silvopastoriles), que permitan reducir el efecto de la ganadería en las zonas de baja y media pendiente (12-50%).

Es necesario un proceso de reconversión ganadera con prácticas más amigables que incluyan diferentes forrajes, mejoren la nutrición del ganado y generen una mayor productividad. La ganadería silvopastoril es una de las alternativas que puede reducir la erosión e incrementar la productividad del hato ganadero.

En cuanto al agua, los nacimientos de Kima Drua y Chacha Drua 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.

## 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>
- 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>
- 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-DeITánago, 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.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2017). Tercera comunicación nacional de Colombia a la Convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático (CMNUCC).
- 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.
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., & Williams, J. (2011). *Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009*. Texas Water Resources Institute, 647 págs.
- 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](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., & Hincapié-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>