
LOS CAMINOS DE GANADO EN LAS TIERRAS ALTAS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA: UNA PRIMERA APROXIMACIÓN

Andrés Felipe Aristizabal & Michel Hermelin
Departamento de Geología Universidad EAFIT
hermelin@eafit.edu.co

Recibido para evaluación: 21 de Noviembre de 2007 / Aceptación: 04 de Noviembre de 2008 / Recibida versión final: 14 de Noviembre de 2008

RESUMEN

Los bovinos de las poblaciones pecuarias de América empezaron a llegar hace cinco siglos a las islas del Caribe en las naves españolas y de ahí fueron trasladados al continente. En las regiones de montaña y altiplanos, donde el clima permite la crianza y reproducción de razas para producción de leche, las vacas se desplazan en las vertientes empinadas en forma subhorizontal para alcanzar el pasto. En la zona central del departamento de Antioquia, la vegetación original de las vertientes y de los altiplanos fue el bosque andino, que fue sustituido en muchas partes por pastos. Ese proceso implicó una gran disminución en el suministro de materia orgánica y la compactación de los horizontes superficiales por los cascos del ganado vacuno. Uno de los resultados es la formación de caminos de ganados; entrecruzados, de unos 60 cm de ancho e inclinación lateral de unos 0° a 20°, que aparecen en pendientes entre 27,5° y 33,4°, que modifican la densidad, la permeabilidad de los suelos y que suprimen prácticamente el recubrimiento vegetal en las áreas de pisoteo. Al evolucionar, provocan erosión superficial que puede llegar a inducir desde pequeños movimientos de masa hasta una destrucción completa del suelo original. Este trabajo se realizó en el centro del departamento de Antioquia en los municipios de Guarne, Rionegro, San Vicente, San Pedro y Medellín, a alturas entre 1500 y 2500 msnm, que corresponden a las formaciones vegetales bh-MB, bmh-MB y bh-PM e incluye suelos derivados de diferentes materiales parentales. Las conclusiones preliminares apuntan hacia la necesidad de limitar el uso del suelo para ganadería a partir de una pendiente crítica.

PALABRAS CLAVES: Erosión superficial, ganadería, Procesos de vertiente, Trópico húmedo de montaña, Colombia, Cordillera Central.

ABSTRACT

Cattle was brought by the Spaniards to the Caribbean Islands about 5 centuries ago, and from there was translated to the American continent. In the Colombian highlands, climate enables rising and reproducing of brands used for milk production, cows. In the central area of the Antioquia department, the natural vegetation before European colonization was humid forest, which was in many places replaced by pastures. This change caused a great loss in organic matter content of the soil upper horizons and also an increase in their density due to the effect of cow feet, forming cattle trails. As a result trails appear in slopes between 27.5° and 33.4°, with lateral inclinations of 0° to 20° and a wideness of about 60 cm; they modify soil density and permeability and practically suppress vegetation cover in the stepped areas. Their evolution without control may induce small slope movements and event total soil destruction. This project was carried out in the central area of the Antioquia department, in municipalities of Guarne, Rionegro, San Vicente, San Nicolas and Medellin, at altitudes between 1500 and 2500 m above sea level, which correspond to humid and very humid tropical mountain forest and include soils derived from different parent materials. Preliminary conclusions point toward the necessity to limit cow grazing in slopes to areas located below a critical value.

KEY WORDS: Surfaces erosion, Cattle rising, Slope processes, Mountain humid tropic, Colombia, Central Cordillera.

1. INTRODUCCION

En Colombia, grandes extensiones de tierra con altas pendientes son usadas para agricultura, ganadería e infraestructura. Aunque se conoce que hoy día existen una gran variedad de medidas y prácticas de conservación de suelos, los manejos sostenibles que se aplican en zonas de montaña para las prácticas ganaderas y agrícolas son escasos. En el caso de la ganadería, la mayor cantidad de ganado para carne proviene de las llanuras de la costa Caribe y de los Llanos Orientales. El ganado lechero se concentra casi exclusivamente en la zona andina. Es además muy común la ganadería extensiva (pocas cabezas de ganado para una amplia extensión de terreno) sin ningún tipo de control gubernamental. (Parsons, 1972; Murgueitio, 2003).

La vaca, animal exótico para la montaña andina, se desplaza en forma subhorizontal para pastar en las vertientes empinadas. El pasto que come también es una especie exótica, exceptuando tal vez los pajonales en los páramos y la vegetación de los Llanos Orientales. Por otra parte, los suelos, que originalmente se formaron bajo bosque, han estado sometidos a cambio de vegetación, lo que significa la disminución del aporte de materia orgánica, la compactación por los cascos del ganado, cambios en el microclima y pérdida de biodiversidad. Otro resultado es la formación, a partir de ciertos ángulos de pendiente, de caminos de ganado, entrecruzados con unos 60 cm de ancho e inclinación lateral de unos 0° a 20° que modifican aún más la densidad y la permeabilidad del suelo, el recubrimiento vegetal y luego, al evolucionar, pueden provocar erosión superficial que llega a producir desde pequeños movimientos en masa hasta una destrucción completa del suelo original.

Un estudio completo acerca del origen de los caminos de ganado debería tener en cuenta el tipo de suelo, de explotación ganadera, el tiempo de ocupación del terreno y eventualmente otros factores. Como esta información es difícil de obtener, se optó por enfocar el problema con un planteamiento basado en la relación entre pendiente y presencia de caminos en dos formaciones vegetales correspondientes al bosque andino.

Estos resultados deben ser mirados como preliminares, por las consideraciones hechas anteriormente; se espera sin embargo que la metodología pueda ser útil en otras áreas del país para detectar los límites a partir de los cuales los suelos dedicados a pastoreo pierden su sostenibilidad.

El presente trabajo intenta caracterizar los caminos de ganado y determina los rangos de pendientes en los que se sitúan, independientemente de los suelos en los que se desarrollan. La gran diversidad del territorio colombiano donde se ha observado ese fenómeno va desde regiones cercanas al nivel del mar, hasta los páramos, lo que arroja respuestas necesariamente complejas, y el enfoque de este trabajo preliminar se orientó a responder las preguntas para una región que resultó de fácil acceso: los alrededores de Medellín y particularmente las vertientes y los altiplanos que rodean la ciudad.

La ganadería basada en pastoreo ha modificado los paisajes rurales de la zona andina, y debe reconocerse como un proceso de grandes repercusiones ambientales y sociales (Bennett y Hoffmann 1992 en Murgueitio, 2003). El inventario bovino en Colombia para el 2004 se estimaba en 23'000.000 de cabezas; de las cuales el 15% era lechero y el 85% para carne (Vera, 2004).

El proyecto se desarrolló en la zona central del Departamento de Antioquia, en cercanías de Medellín (Figura 1).

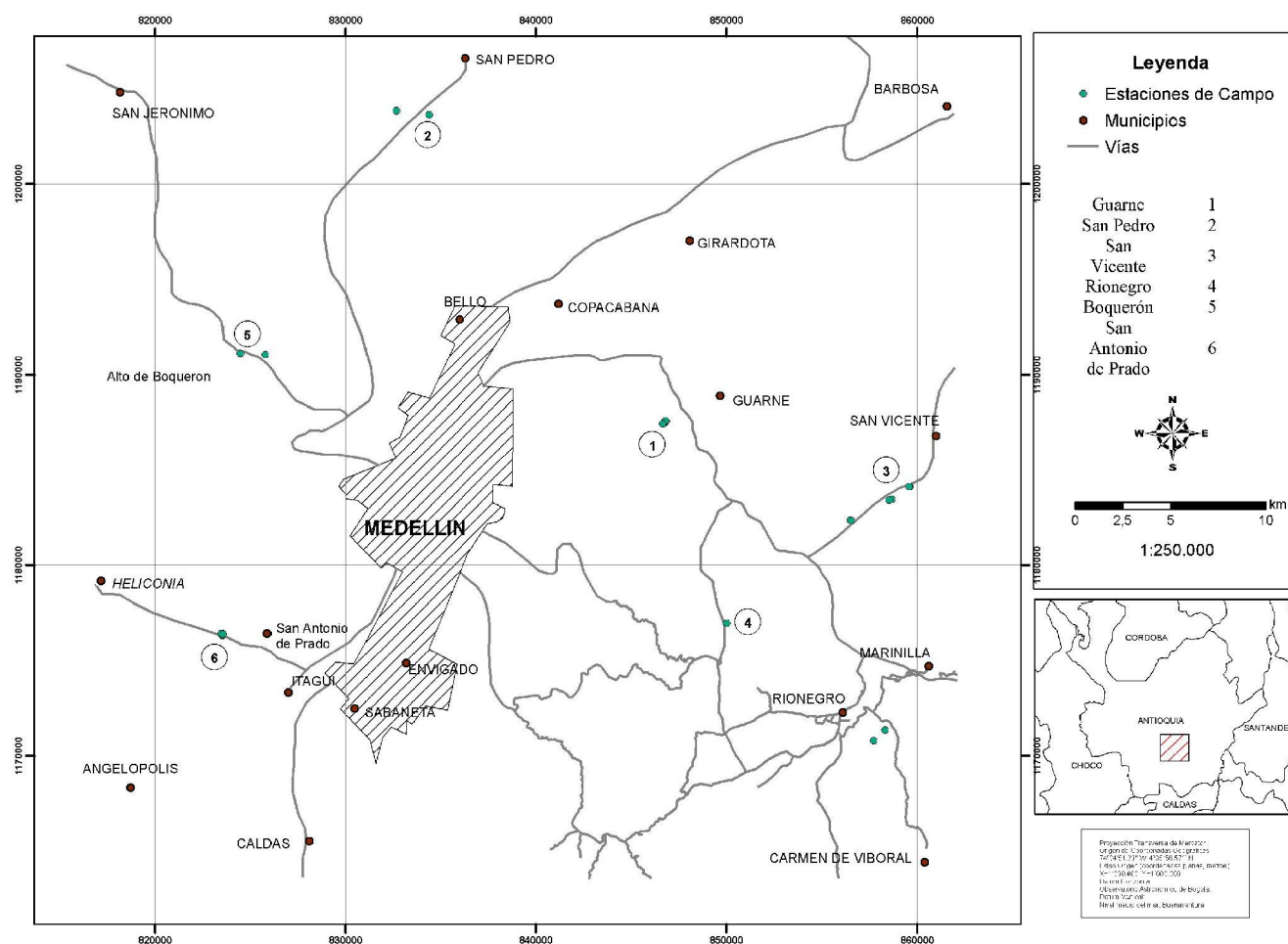


Figura 1. Localización del proyecto.

A continuación se describen brevemente la geología, la geomorfología, las formaciones vegetales y los suelos de la zona de estudio. Las principales características geológicas y climáticas de la región estudiada se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Características de la zona de estudio (Modificado de Espinal & Montenegro, 1977; EPM, 2005; www.antioquia.gov.co).

Estación	Formación Vegetal	Precipitación (mm)	Temperatura (C°)	Altura Promedio	Material Parental	Número de Perfiles
Medellín (San Antonio de Prado)	bh – PM	1900	17 - 24	2150	Complejo Quebradagrande	6
Medellín (Alto de Boquerón)	bh – MB	1700	12 - 17	2538	Anfibolitas + Stock de Altavista + Ceniza volcánica	6
Rionegro	bh – MB	2100	12 - 17	2160	Batolito Antioqueño + Ceniza Volcánica	7
San Vicente	bmh – MB	2000	12 - 17	2173	Batolito Antioqueño	10
Guarne	bh – MB	1900	12 - 17	2270	Anfibolitas	13
San Pedro	bh – MB bmh - MB	1800	12 - 17	2571	Batolito de Ovejas + Anfibolitas	7

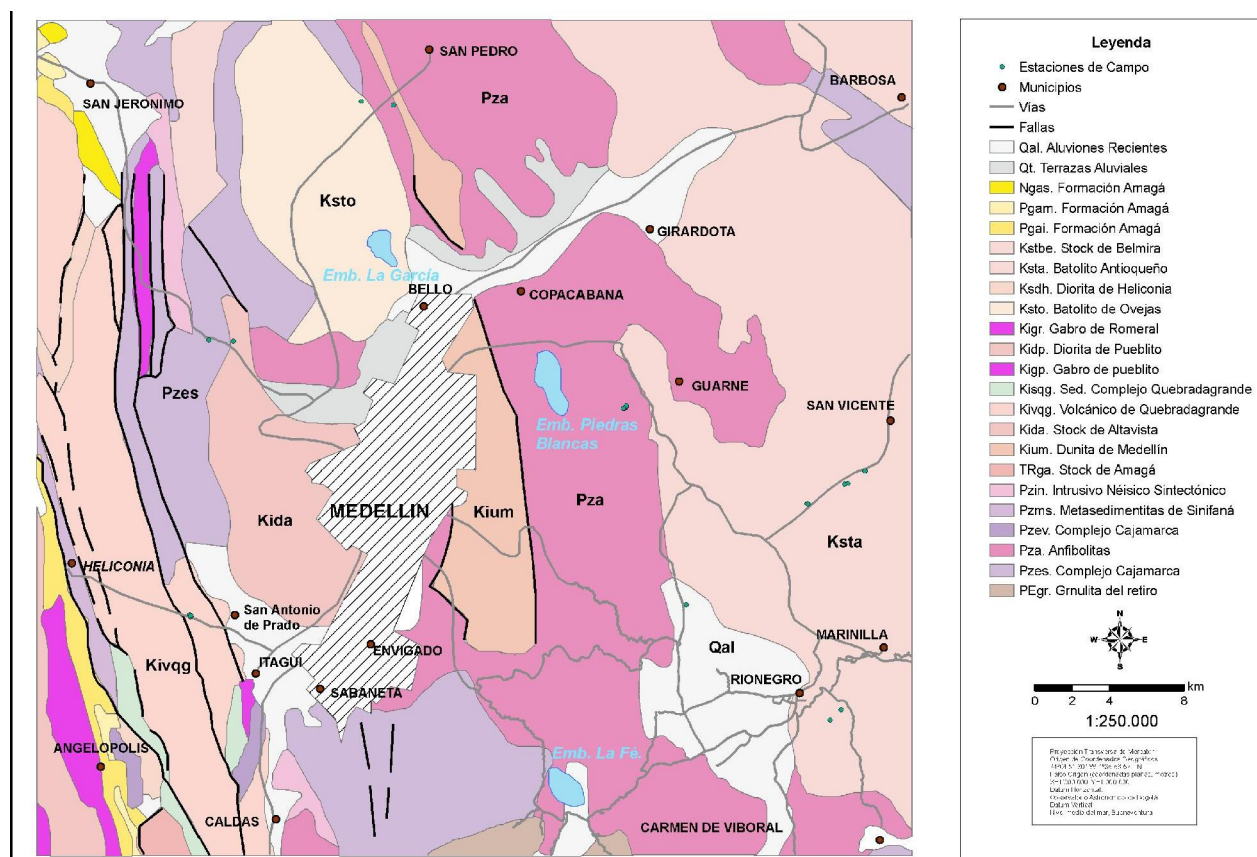


Figura 2. Mapa geológico.

1.1. Geología

La geología regional se basa en el mapa geológico de Antioquia escala 1:400 000 del Ingeominas (González, 1996; 2001; Ingeominas, 1995). El área de estudio se encuentra situada sobre las siguientes unidades litológicas (Figura 2)- Complejo Cajamarca / Esquistos cuarzo-sericíticos paleozoicos (Pzes): agrupa esquistos grafitosos de color gris oscuro a negro; presentan estructura esquistosa, finamente laminada, intensamente replegadas, con venas y lentes de cuarzo.

- Anfibolitas paleozoicas (Pza): con estructura de maciza a néisica y ligeramente esquistosa, textura granoblástica gruesa a fina, y a veces nematoblástica; compuestas predominantemente por hornblenda y plagioclasa.

- Complejo Quebradagrande (Kivvg) mesozoico, consistente en sedimentos epiclásticos con estratificación fina, donde predominan lutitas carbonosas, con cantidades menores de grauvacas, areniscas feldespáticas, limolitas, liditas, y localmente bancos de calizas negras. Algunas capas de chert, de pocos centímetros de espesor, se encuentran intercaladas con las rocas volcánicas. Estas rocas volcánicas son principalmente lavas basálticas, andesitas y piroclastitas.

- Stock de Altavista (Kida), mesozoico: se caracteriza por pórfidos con matriz afanítica y composición andesítica y dioritas, tonalitas y gabros. En las rocas porfídicas predominan colores grises en varias tonalidades.

- Stock de Ovejas (Ksto), mesozoico: similar al Batolito Antioqueño y conectado éste a lo largo de los contactos en la vertiente norte del Valle de Aburrá, al oriente de Bello. La roca predominante es tonalita, con variación a granodiorítica. Los minerales esenciales son cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico.

-- Batolito Antioqueño (Ksta), mesozoico, se caracteriza por su homogeneidad litológica con composición de tonalita y granodiorita.

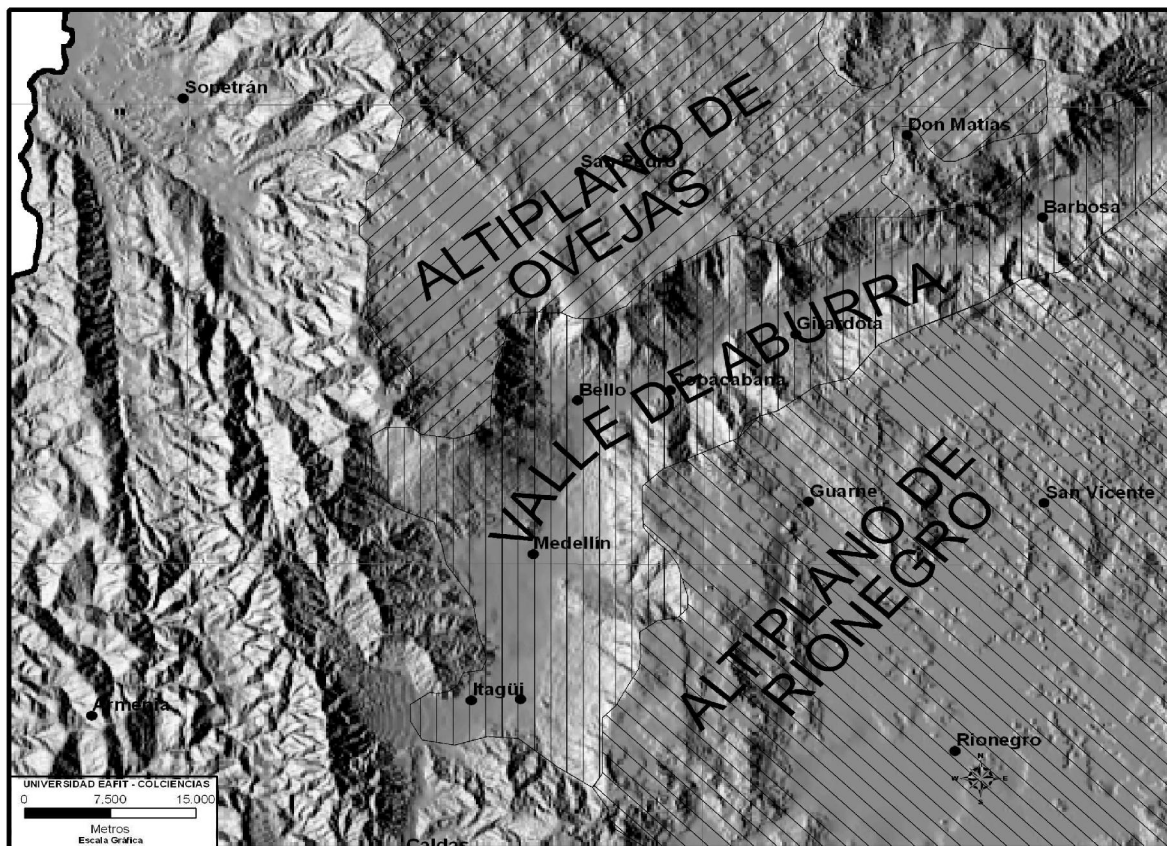


Figura 3. Geomorfología de la zona.

1.2. Geomorfología

La zona de estudio presenta tres grandes dominios morfológicos: (Figura 3).- Altiplano de Ovejas: Situado al occidente de Medellín y a una altura de 2500 msnm, se caracteriza por tener un relieve variable, de plano a suavemente inclinado en las cimas y de fuertemente inclinado a escarpado en las vertientes. Las pendientes son generalmente cortas, rectas, ligeramente convexas y menores de 45° (IGAC, 1979). Representa una superficie de erosión y denudación desarrollada después de la intrusión del Batolito Antioqueño y del Stock de Altavista (INGEOMINAS, 1965).

- Valle de Aburrá, profundo, con sentido NE y altura del eje alrededor de 1500 msnm. Se caracteriza por presentar pendientes fuertes en sus laderas orientales y occidentales, que se suavizan hacia las partes bajas, donde es común encontrar depósitos de ladera, terrazas aluviales, bajos, vegas y diques (IGAC, 1979).

- Altiplano de Rionegro con altura promedio de 2100 msnm, este altiplano se caracteriza por presentar una gran superficie conformada por colinas suaves con altura relativa promedio de 80 m (Hermelin, 2006). Otras geoformas comunes en este altiplano son terrazas aluviales, abanicos y depósitos de ladera.

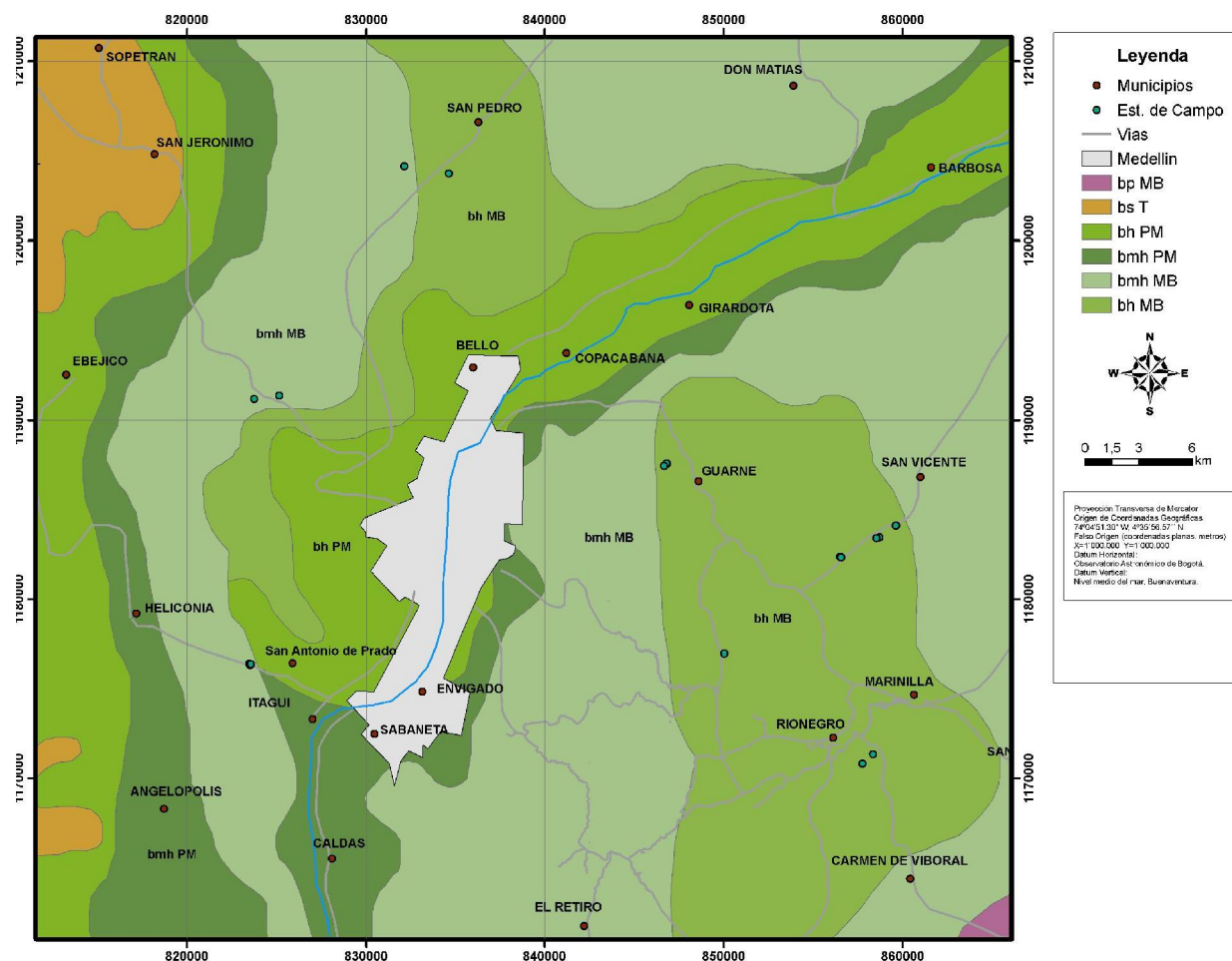


Figura 4. Formaciones vegetales

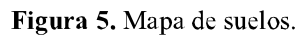
1.3. Formaciones vegetales

De acuerdo con Espinal & Montenegro (1977), en la zona de estudio se encuentran las siguientes formaciones vegetales (Figura 4).- Bosque húmedo premontano (bh – PM): Vegetación original arbórea en su mayoría perennifolia, de 20 a 30 m. Sus características climáticas son una temperatura media anual entre 17 y 24 ° C y una precipitación media anual entre 1100 y 1200 mm.

- Bosque húmedo montano bajo (bh – MB) dominado en algunos sitios por roble (*Quercus* sp.); con una temperatura media anual mayor a 12 ° C y una precipitación media anual entre 1000 y 2000 mm.

- Bosque muy húmedo premontano (bmh – PM): con temperatura media anual entre 18 y 24 ° C y precipitación media anual entre 2000 y 4000 mm.

- Bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB): con una temperatura aproximada entre 12 y 18 ° C y un promedio anual de lluvias entre 2000 y 4000 mm. Normalmente se extiende en una faja altimétrica de 1800 a 2800 msnm.



De acuerdo con la clasificación mostrada en el mapa de suelos del IGAC 1:500 000 (1982) (Figura 5), los suelos presentes en la zona de estudio son los siguientes.

- V2u: Suelos de clima frío húmedo y muy húmedo, en relieve quebrado, derivados o no de cenizas volcánicas, moderadamente evolucionados, desaturados y generalmente profundos. La erosión varía de ligera a severa. En la zona de estudio se presentan en el corregimiento de San Antonio de Prado.

- V2v: Suelos de clima frío húmedo y muy húmedo en relieve fuertemente ondulado, derivados principalmente de cenizas volcánicas, moderadamente evolucionados, desaturados y profundos. Se presenta erosión desde ligera hasta severa. En la zona de estudio se presentan principalmente en los municipios de San Pedro, Guarne, Rionegro y en el alto de Boquerón del municipio de Medellín.
- V2i: Suelos de clima frío húmedo y muy húmedo, en relieve quebrado, moderadamente evolucionados, desaturados y profundos. Se presenta erosión desde ligera hasta severa y ocurren áreas de suelos saturados. En la zona de estudio se presentan en el alto de Boquerón, municipio de Medellín.

Suelos de Altiplano

- N2v: Suelos derivados de cenizas volcánicas, de clima frío húmedo en relieve ondulado, moderadamente evolucionados, desaturados y generalmente profundos. La erosión es en general ligera, pero existen áreas severamente erosionadas. En la zona de estudio se presentan en los municipios de San Vicente y Rionegro.

2. METODOLOGÍA

El proyecto se realizó en tres fases: selección de los sitios de trabajo, trabajo de campo y análisis e interpretación de los datos.

La selección de los sitios de estudio se hizo evitando cuidadosamente áreas previamente cultivadas, donde los surcos subhorizontales aún son visibles y que pueden corresponder tanto a cultivos de papa como a pastos de corte. Los sitios se escogieron con el objetivo de cubrir formaciones vegetales y materiales parentales representativos de la región (Tabla 1).

Se realizó el levantamiento topográfico de perfiles de pendientes, y se recolectaron muestras de suelo con tubos Shelby. Los perfiles topográficos se levantaron usando una mira graduada en centímetros, con un tope en la parte inferior para asegurar que siempre se hincara a la misma profundidad y una base móvil que sirve como soporte para un medidor de distancias ultrasónico marca SKIL. Este distanciómetro cuenta con precisión centimétrica y se ubicó a 90° del bastón. Para garantizar la verticalidad de la mira, se usaron los niveles del distanciómetro (Figura 6). El levantamiento de los perfiles topográficos se realizó tomando altura (leída en el bastón) y distancia horizontal (leída en el distanciómetro) para cada uno de los cambios de pendiente observados en el terreno (Figura 7). Las muestras de suelo contenidas en los tubos Shelby fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad EAFIT para análisis de densidad aparente y humedad.

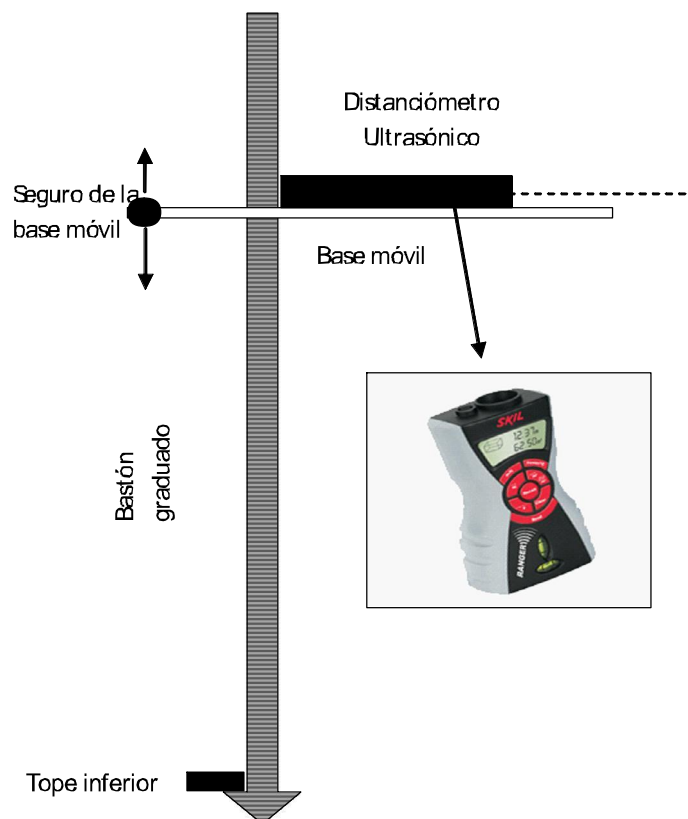


Figura 6. Esquema del distanciamiento

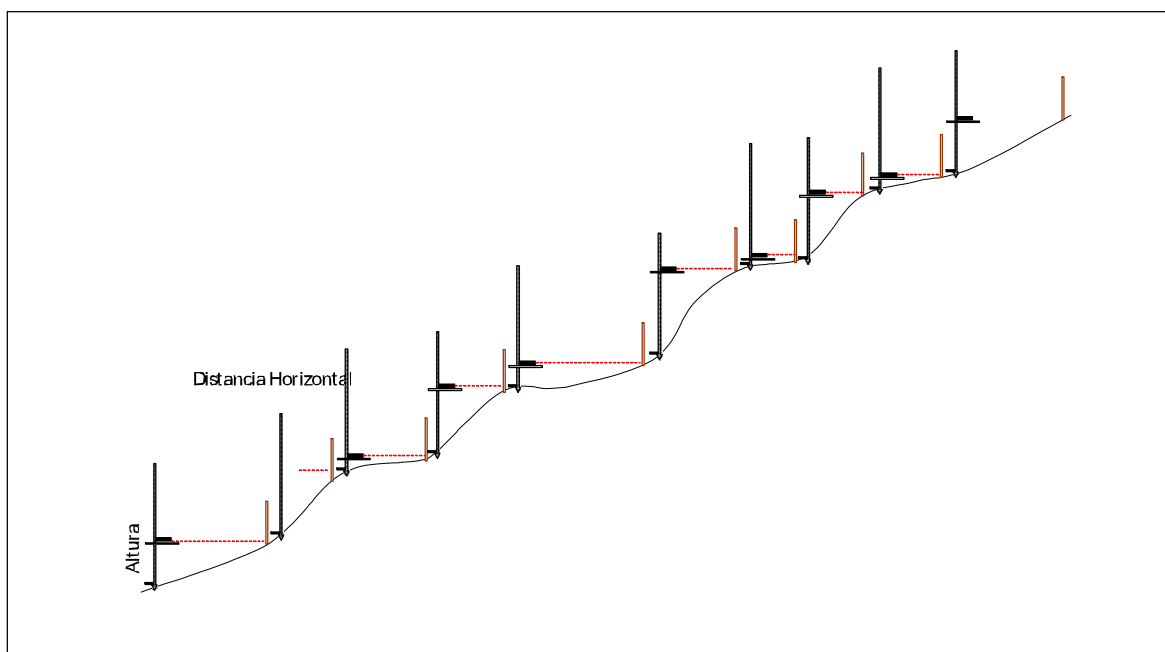


Figura 7. Distancia Horizontal Altura

3. RESULTADOS

Los perfiles estudiados se dividieron en las siguientes zonas con base en las observaciones de campo (Figura 8):

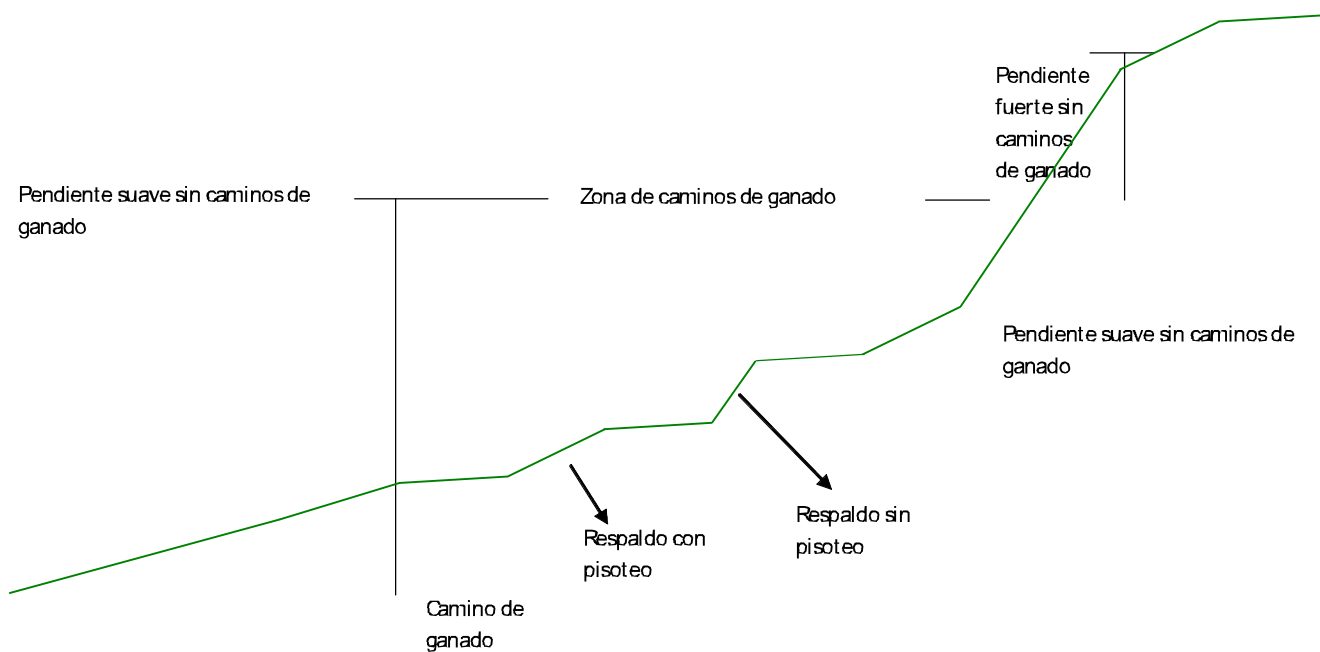


Figura 8. Subdivisión de los perfiles topográficos

- Pendientes suaves sin caminos de ganado: Pendientes donde el pisoteo de las vacas no produce la formación de caminos de ganado.
- Zona con caminos de ganado: Zona donde el pisoteo del ganado desarrolla caminos; se subdivide en tres rangos:
 - Respaldos sin pisoteo: Respaldos empinados donde no camina el ganado.
 - Respaldos con pisoteo: Respaldos con pendiente suave donde camina el ganado.
 - Caminos de ganado: Huellas dejada por el pisoteo continuo del ganado siguiendo aproximadamente las curvas de nivel.
- Pendientes superiores fuertes o suaves sin caminos de ganado: Zona de la pendiente donde el ganado no camina debido a lo empinado del terreno.

Con base en lo observado se resolvió medir las siguientes características: pendiente transversal, altura de respaldos, ancho de los caminos y pendiente longitudinal de los caminos de ganado. Se levantaron 43 perfiles topográficos en forma detallada.

- Pendiente mínima. Para determinar la pendiente a partir de la cual comienzan a aparecer los caminos de ganados se usaron 43 datos correspondientes a las medidas de pendiente inmediatamente anteriores a los valores donde empiezan a aparecer. Estos valores están comprendidos entre $14,8^\circ$ y $50,7^\circ$. (Figura 9). El ángulo promedio a partir del cual comienzan a aparecer los caminos de ganado no procede de una distribución normal con un 99% de confianza y la mayoría de los datos se concentra entre 20° y 45° . La mejor medida de tendencia central para el ángulo a partir del cual aparecen los caminos de ganado es la moda, pues es la medida que en ese caso se presenta con mayor frecuencia, por lo tanto éstos aparecen aproximadamente a los 22° de pendiente.

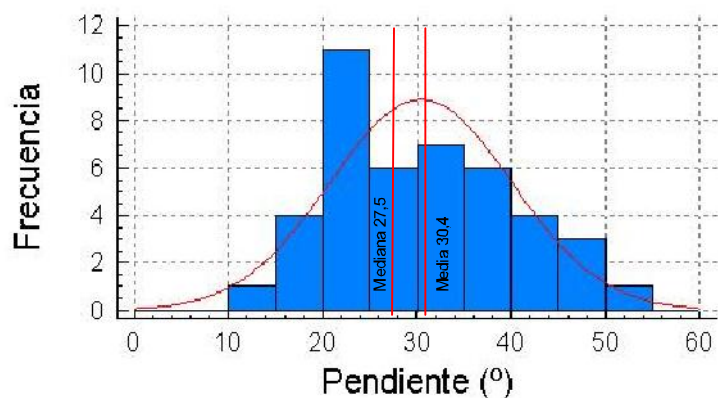


Figura 9. Pendiente mínima

- Rango de pendientes. El rango de pendientes dentro del cual se ubican caminos de ganado, se obtuvo a partir de los datos de 43 perfiles topográficos; se determinó gráficamente la pendiente general de las zonas con caminos de ganado usando un transportador. Se obtuvieron 56 valores comprendidos entre 22° y 46° (Figura 10). La curva se ajusta a una distribución normal con una confiabilidad del 90%. La media es entonces la mejor medida de tendencia central, y por lo tanto, en promedio los caminos de ganado se encuentran en Mediana 33

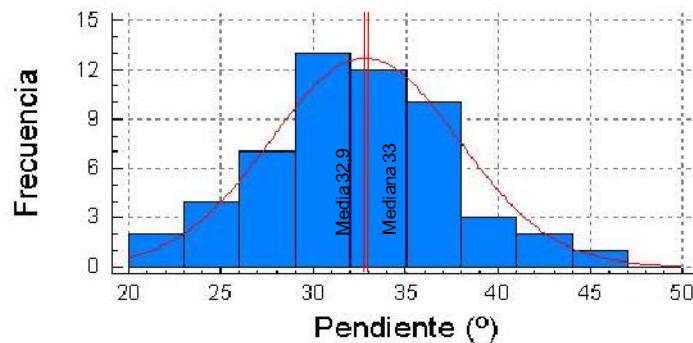


Figura 10. Rango de pendientes

- Pendiente transversal: Para determinar la pendiente transversal de los caminos se usaron 273 valores comprendidos entre 0° y $39,0^{\circ}$. (Figura 11). El intervalo de confianza para la media en este caso es de $17,0^{\circ} \pm 0,86^{\circ}$ [$16,1^{\circ} - 17,9^{\circ}$] con 95% de confiabilidad. Aunque presente sesgo positivo, la curva se acomoda a una distribución normal. La media y la mediana están casi en el mismo punto, lo que indica una alta simetría en la distribución; por lo tanto son buenos parámetros para afirmar que en promedio, la pendiente transversal de los caminos de ganado tiene en promedio un ángulo de 17° .

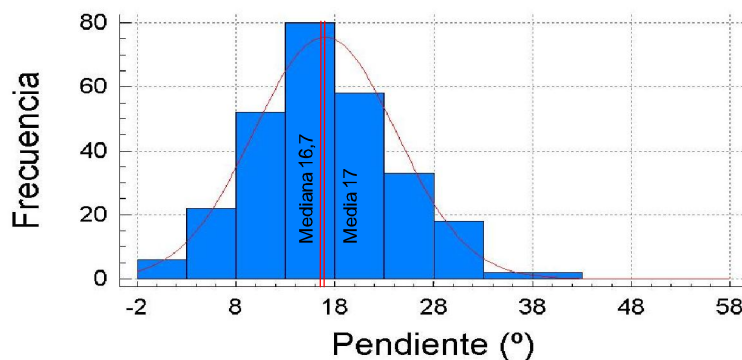


Figura 11. Pendiente transversal

- Respaldos con pisadas: Para describir los respaldos con pisadas se usaron 117 valores de pendiente comprendidos entre $17,5^{\circ}$ y $59,2^{\circ}$, cuyas medidas de tendencia central fueron: media $35,1^{\circ}$, mediana $34,5^{\circ}$. La curva se ajusta muy bien a una distribución normal, la media es un muy buen parámetro para concluir que los respaldos con pisadas tienen una pendiente de $35,1^{\circ}$ en promedio.

- Respaldos sin pisada: La descripción de los respaldos sin pisadas se realizó usando 168 valores de pendiente entre $25,2^{\circ}$ y $69,3^{\circ}$. Las medidas de tendencia central para estos valores fueron: media $47,6^{\circ}$, mediana $47,1^{\circ}$, desviación típica $7,7^{\circ}$ y rango $44,1^{\circ}$. La curva se adapta bien a una distribución normal y la media permite concluir que en promedio los respaldos sin pisadas tienen una pendiente de $47,1^{\circ}$, que también corresponde a la pendiente promedio a partir de la cual desaparecen los caminos de ganado.

- Pendiente longitudinal: Para determinar la pendiente longitudinal de los caminos de ganado se usaron 180 valores de pendiente que se encuentran entre 0° y 20° . La mejor medida de tendencia dada por la mediana, es de 5° .

- Ancho: Para describir el ancho de los caminos de ganado se usaron 266 valores de ancho entre 0,2 m y 1,67 m. (Figura 12). La mayoría de los datos se concentra entre 0,3 y 0,9 m. El ancho de los caminos de ganado es de 0,54 m en promedio.

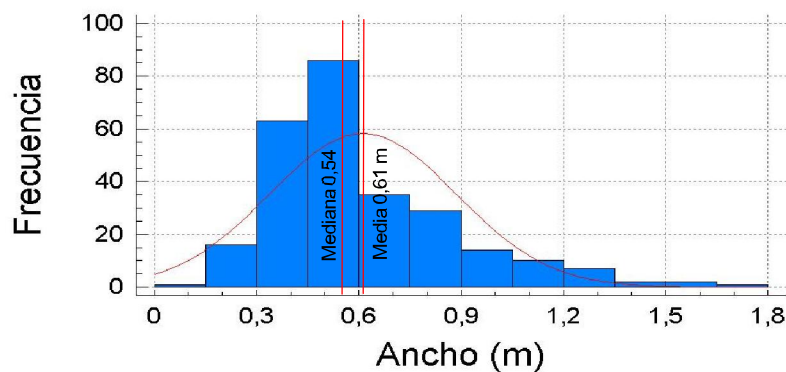


figura 12. Ancho de los caminos

- **Altura de respaldos:** Para determinar la altura de los respaldos, se analizaron 362 valores de altura entre 0,05 m y 1,6 m. En promedio, la altura de los respaldos es de 0,55 m usando como parámetro la mediana.

3.1. Relación tentativa con litología y clima.

A pesar de contar con pocos datos para realizar un análisis estadístico adecuado, se trató de relacionar la pendiente donde aparecen los caminos de ganado con la respectiva litología, presencia o no de cenizas volcánicas, precipitación y altura sobre el nivel del mar (Tabla 2).

Tabla 2: Resultados estadísticos para la pendiente a partir de la cual aparecen los caminos de ganado según litología, clima y altura (modificado de Espinal & Montenegro, 1977, EPM 2005, González 2001, www.antioquia.gov.co).

Material parental	Unidad Geológica	Angulo de aparición	Localidades	Altura promedio	Precipitación promedio *
Anfibolitas	Pza	35,4°	Guarne, Boquerón y San Pedro	2460	1800
Basaltos	Kivqg	32°	San Antonio de Prado	2150	1900
Ceniza volcánica	Recubriendo Ksta y Kida	29,8°	Boquerón y Rionegro	2350	1900
Rocas graníticas	Ksta Ksto	25,6°	San Vicente y San Pedro	2372	1900

Sobre anfibolitas y basaltos los caminos de ganado parecen ocurrir a un ángulo de pendiente mayor. Sin embargo, es de anotar que muchos de los perfiles de estas unidades fueron levantados sobre depósitos de ladera. Se observa también que sobre suelos derivados de cenizas volcánicas los caminos de ganado comienzan a aparecer a un ángulo de pendiente algo mayor, posiblemente porque estos suelos son un poco más resistentes al pisoteo que los saprolitos de rocas graníticas.

3.2. Densidad y Humedad

Las muestras de suelo analizadas para densidad y humedad fueron recolectadas en los municipios de Guarne y San Vicente. (Tabla 3).

Tabla 3: Resultados de análisis de laboratorio

MUESTRA	LUGAR DE MUESTREO	DENSIDAD EN HUMEDO (g/cm ³)	DENSIDAD EN SECO (g/cm ³)	PORCENTAJE DE HUMEDAD
Guarne 01	pendiente sin caminos de ganado	1,25	0,79	113,90
Guarne 02	sobre camino de ganado	1,26	0,90	101,20
Guarne 03	sobre camino de ganado	1,25	0,96	104,20
Guarne 04	sobre camino de ganado	1,34	0,94	110,70
Guarne 05	sobre respaldo	1,29	0,85	101,00
Guarne 06*	sobre camino de ganado con pendiente inversa	1,32	0,99	93,22
Guarne 07*	sobre respaldo pisoteado	1,04	0,94	90,50
Guarne 08	sobre camino de ganado	1,27	0,81	98,70
Guarne 09	sobre respaldo	1,20	0,75	114,20
Guarne 10	sobre camino de ganado	1,26	0,78	108,10
Guarne 11	sobre respaldo	1,21	0,78	109,40
Guarne 12	sobre camino de ganado	1,29	0,83	105,4 0
San Vicente 1	pendiente continua sin caminos de ganado	1,15	0,51	126,40
San Vicente 2*	sobre camino de ganado	1,17	0,54	117,00
San Vicente 3*	sobre respaldo	1,14	0,48	138,80
San Vicente 4	sobre camino de ganado	1,47	0,68	117,00
San Vicente 5	Sobre respaldo	1,15	0,61	88,08
San Vicente 6	Sobre respaldo pisoteado	1,20	0,66	81,10
San Vicente 7	Sobre camino de ganado	1,39	0,74	86,91
San Vicente 8	Sobre respaldo	1,20	0,61	96,27
San Vicente 9	Sobre camino de ganado	1,28	0,60	111,95
San Vicente 10	Sobre respaldo	1,19	0,54	122,35
San Vicente 11	Sobre camino de ganado	1,21	0,56	117,38
San Vicente 12	Sobre respaldo	1,13	0,60	87,85

* Con base en 10 gramos de muestra.

En promedio, la densidad en húmedo para las muestras tomadas sobre caminos de ganado y sobre respaldos con pisadas es de 1,27 g/cm³ mientras que en respaldos sin pisadas y en pendientes suaves es de 1,19 g/cm³. La densidad en seco para las muestras tomadas sobre caminos de ganado y sobre respaldos pisoteados es de 0,78 g/cm³ mientras que sobre respaldos sin pisadas y pendientes suaves sin caminos de ganado es de 0,61 g/cm³. Esto indica que el pisoteo parece aumentar levemente la densidad del suelo.

El porcentaje de humedad en las muestras que han sufrido pisoteo es en promedio de 103 % mientras que en las muestras no pisoteadas el contenido de humedad promedio es de 110%.

Una aproximación al conocimiento de la presión ejercida por los cascos vacunos se obtiene dividiendo el peso del animal por 4 y posteriormente dividiendo este resultado por el área que cubre cada casco. En promedio, el peso de una hembra Holstein adulta es de 600 kg y el del macho es de 990 kg (Solla, 2003). El área aproximada de la huella es de 38,2 cm², la cual fue determinada geométricamente calcando el contorno de la huella sobre papel cuadriculado; por lo tanto la presión ejercida sobre el suelo es de aproximadamente 3,93 kg/cm² para la hembra y 6,48 kg/cm² para el macho. Si se usa para este cálculo la raza Normando donde la hembra pesa en promedio 800 kg y el macho 1100 kg (Solla, 2003), la presión ejercida en el suelo es de 5,24 kg/cm² para la hembra y 7,2 kg/cm² para el macho.

Para comparación, una persona de 60 kg y un zapato de talla número 7, cuya pisada tiene un área es de 197 cm², ejerce sobre el suelo una presión de 0,15 kg/cm².

4. DISCUSIÓN

Este estudio sólo puede considerarse como preliminar y exploratorio. Se espera que sea ampliado con posterioridad en cuanto a varios aspectos:

- determinaciones en pisos climáticos diferentes
- descripción completa de los perfiles de los suelos afectados.
- mayor variedad de materiales parentales.
- posibilidad de determinar tanto la densidad de pastoreo (reses por hectárea) como el tiempo durante el cual el potrero ha estado en uso es atractiva, pero implicaría la consecución de documentación mucho mayor, difícil de lograr.

Los datos de mayor relevancia de este estudio son la pendiente a la cual aparecen los caminos de ganado (de 20 a 45° con promedio de 22.5° y los rangos de pendiente entre los cuales se desarrollan (entre 22° y 46° con un promedio de 32.9°. En los suelos derivados de anfibolitas y rocas verdes los caminos tienden a aparecer en pendientes ligeramente superiores que los que aparecen sobre cenizas volcánicas o granodioritas, pero hace falta determinar que tan significativa es esa diferencia. (Figuras 13 y 14)



Figura 13.



Figura 14.

Los demás parámetros medidos (ancho, inclinación, longitud, respaldos) tienden también a estar comprendidos dentro de rangos relativamente estrechos.

El pisoteo de las reses aumenta la densidad de la capa de suelo, tanto para muestras húmedas como para muestras secas, debido a la compactación que sufren, calculada entre 4.0 y 6.5 kg cm⁻² aproximadamente.

Se diseñarán en un futuro métodos más ágiles que permitan determinar con más facilidad las características de las pendientes afectadas por ese fenómeno, a menudo precursor de procesos erosivos más pronunciados.

5. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de este trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

Estudios posteriores deberán enfocarse hacia la obtención de un mayor número de datos para los parámetros que presentan mayor interés:

- La inclinación a partir de la cual empiezan a observarse los caminos de ganado.
- El rango de pendientes entre los cuales se presentan los caminos de ganado.
- El deterioro de las propiedades físicas del suelo y la pérdida de materia orgánica.

Este tipo de información permitirá posiblemente establecer si las aparentes diferencias entre las pendientes críticas derivadas de diferentes tipos de suelos son significativas.

Por otra parte se podrían emprender ejercicios de comprobación de la existencia de caminos de ganado usando mapas digitales con escala adecuada, a partir de los cuales se pueda realizar una comprobación en campo de su utilidad. Si se comprueba la hipótesis de que la pendiente a la cual aparecen los caminos de ganado en zonas frías y húmedas no depende de la litología, se podrían realizar medidas en regiones con climas más cálidos y mas secos, donde en principio de podrían esperar suelos mas vulnerables al deterioro.

La investigación completa podría culminar en una recomendación a las autoridades ambientales para que se produjera una reglamentación al respecto, complementando la existente:

- La Resolución 00074 de 2002, que reglamenta la producción agropecuaria ecológica, en artículo 13 contempla:

«Tanto la fertilidad como la actividad biológica del suelo deberá (sic) ser mantenida o aumentada. Su cabal aplicación significará seguramente la necesidad de emprender investigaciones que completen ésta».

Por otra parte Arango, (2004) menciona que una producción ganadera agroecológica contempla la recuperación de los suelos de las áreas degradadas, que pueden presentarse por sobrepastoreo, erosión, compactación, toxicidad, minería entre otro. Los tres primeros procesos contemplados incluyen sin lugar a dudas los caminos de ganado.

Arango (2004) también plantea que entre los criterios para promover y realizar iniciativas sobre producción agropecuaria ecológica: «las zonas para usos restringidos son las que donde por razones de topografía, suelos, condiciones geológicas se puede hacer uso productivo pero con limitaciones». Eso sería otro caso por el cual resultados obtenidos regionalmente por investigaciones como ésta encontrarán su aplicación.

REFERENCIAS

- Arango, C.A., 2004. Elementos de producción agropecuaria, ecológica. Ganadería Ecológica, Memorias Técnicas, ANALAC-SENA, Bogotá, pp. 7-12.
- EE.PP.M., 2005. Isoyetas de Precipitación Media Anual para el Centro de Antioquia. Revista Hidrometeorológica. Empresas Públicas de Medellín. Volumen 1 (1). pp 1-150.
- Espinal, L. S. & Montenegro, E., 1977. Mapa de Formaciones Vegetales de Colombia 1:500.000. IGAC. Bogotá.
- ESRI, 2006. ArcGIS 9.2
- González, H., 1996. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Geología, recursos minerales y amenazas potenciales. Memoria Explicativa. Ingeominas. 213 P.
- González, H., 2001. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Escala 1:400.000. Memoria Explicativa. Ingeominas.
- Hermelin, M., 2006. Geografía de Antioquia. Fondo Editorial Universidad EAFIT & Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Capítulo de Antioquia. 338 P.
- IGAC, 1979., Suelos del Departamento de Antioquia. Tomo 1. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agrícola. 797 P.
- IGAC, 1982., Mapa de Suelos del Departamento de Antioquia 1:500.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección Agrícola.
- INGEOMINAS, 1965., Mapa geológico de la plancha I-8 – Medellín., Memoria explicativa. Servicio Geológico Nacional. 7 P.
- Murgueitio, E., 2003. Impacto Ambiental de la Ganadería de Leche en Colombia y Alternativas de Solución. Livestock Research for Rural Development. Volume 15 (10). www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/10/cont1510. Html.

Parsons, J.J., 1972. Spread of African pastures grasses to the American tropics *Jl of Range Management*, v. 25 pp. 12-27.

Solla, 2003. Manual: Las vacas., 91 P. Medellín.

Vera, R., 2004. Perfiles por País del Recurso Pastura / Forraje: Colombia. <http://www.fao.org/ag/agP/AGPC/doc/pasture/forage.htm>