

**APROXIMACIÓN A LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA RESERVA “EL NEME” - COELLO (TOLIMA)**

**JUAN CARLOS AGUDELO  
ANA ISABEL CONDE  
CHRISTIAN GUZMÁN  
STEPHANIE LARIOS RUIZ  
PEDRO MALAGÓN  
JOHANNA MORENO**

Trabajo de grado para optar al título de “*Especialista en levantamientos agrológicos*”

Directora  
**DEYANOORA CÁRDENAS CASTRO**  
Agrología

Asesores  
**ADRIANA BOLÍVAR GAMBOA**  
Mc. Ciencias agrarias. Ing. Agrónoma.

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN LEVANTAMIENTOS AGROLÓGICOS**

**BOGOTÁ D.C.  
2020**

**TABLA DE CONTENIDO**

1	4
2	5
2.1	7
2.2	7
3	7
3.1	11
4	15
4.1	15
4.2	18
4.3	19
5	20
6	24
6.1	24
6.1.1	24
6.2	27
6.3	28
6.4	29
6.4.1	31
6.4.2	33
6.4.3	34
6.5	35
6.5.1	35
6.5.2	37
6.5.3	37
6.6	37
6.6.1	38
6.6.2	39
6.7	42
7	43
7.1	43
7.2	46
7.3	48
8	50
8.1	50
8.1.1	51
8.1.2	52
8.1.3	54
8.2	56
8.3	54
8.4	57
8.4.1	59

9	62
10	66
11	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de suelos de la reserva natural "El Neme" escala 1: 100.000	17
Figura 2.	Suelos del polígono de estudio de la reserva "El Neme" escala 1: 100.000	17
Figura 3.	Mapa de suelos del municipio de Coello	18
Figura 4.	Mapa de cuencas reserva El Neme, municipio de Coello	18
Figura 5.	Ubicación reserva el Neme.	19
Figura 6.	Delimitación del área del estudio al interior la reserva	21
Figura 7.	Vértices área de estudio	22
Figura 8.	Unidades Geológicas reserva El Neme.	23
Figura 9.	Gráfica de variabilidad de las geoformas del terreno en una región de la reserva el Neme.	27
Figura 10.	Modelo de sombras reserva El Neme.	28
Figura 11.	Mapa de pendientes reserva El Neme.	29
Figura 12.	Mapa de Geomorfología de la reserva el Neme.	29
Figura 13.	Coberturas vegetales presentes en el municipio de Coello	30
Figura 14.	Diagrama de procedimientos del Precampo.	36
Figura 15.	Diagrama de procedimientos del Campo	44
Figura 16.	Mapa de pendientes a partir del MDT	46
Figura 17.	Distribución de pendientes en las 131,18 ha de análisis de la reserva El Neme	47
Figura 18.	Distribución de las cajuelas en las 131,18 ha de la reserva El Neme	47
Figura 19.	Diagrama de procedimientos del Poscampo.	48
Figura 20.	Distribución preliminar de las UCS, en 131,18 ha de la reserva El Neme	49
Figura 21.	Balance hídrico	57
Figura 22.	Balance hídrico reserva El Neme	56
Figura 23.	Almacenamiento VS déficit en la reserva El Neme.	56
Figura 24.	Porcentaje de carbono orgánico contenido en los suelos del área de estudio.	57

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Áreas boscosas en zonas onduladas de La Reserva Natural el Neme.	20
Fotografía 2.	Áreas de pastoreo en la zona plana	21
Fotografía 3.	Área boscosa asociada a quebrada Naguache	21

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.	Distribución de suelos de la reserva "El Neme" escala 1:100.000	16
Tabla 2.	Coordenadas área de estudio reserva El Neme	23
Tabla 3.	Descripción de la geología regional del municipio de Coello	25
Tabla 4.	Unidades Geológicas presenta en le reserva el Neme.	27
Tabla 5.	Leyenda geomorfología polígono de estudio reserva El Neme	30
Tabla 6.	Grupos taxonómicos presentes en AMC (2011) de invertebrados en Coello.	30
Tabla 7.	nomenclatura unidades cartográficas de suelos	48
Tabla 8.	Leyenda de las unidades cartográficas de suelo reserva El Neme	58
Tabla 9.	Área ocupada por UCS en las 131,18ha de la reserva El Neme	54

## 1 INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario es la principal fuente de ingresos de la economía municipal del país. En el caso del municipio de Coello – Tolima, la producción de frutas como el mango, la ciruela y el limón son la base económica de gran parte de la población, brindando empleo permanente en labores de mantenimiento, cosecha y comercialización. Adicionalmente, la economía del municipio se complementa con cultivos semestrales de maíz desarrollados en las zonas planas y de ladera y sorgo desarrollado de manera tecnificada en las tierras planas del municipio, los cuales son otra fuente de ingreso de la población.

Además, se encuentran cultivos tecnificados de algodón que se realizan en el primer semestre del año y se planta en las zonas planas, rotándolos en el segundo semestre con los cultivos de maíz y sorgo. Adicionalmente, se encuentran cultivos de yuca que son importantes en este renglón de la economía cosechándose anualmente, al igual que los cultivos de plátano y cachaco están concentrados en pequeñas áreas dedicadas al pancoger.

La ganadería de bovinos de cría, ceba y leche es de gran importancia en la economía regional, presentándose a lo largo de todo el municipio. La cría de ovinos y la piscicultura aportan un buen porcentaje en la economía local concentrándose las explotaciones en pequeñas áreas. También se desarrollan explotaciones avícolas de carne con demanda del producto en el mercado local y en empresas distribuidoras de alimentos del departamento.

Todo lo anterior, está soportado en uno de los componentes de los sistemas naturales, "Los Suelos", que ofrecen soporte y sustento a las plantas. Estos, son el resultado de factores físicos, naturales y ambientales, que regulan los procesos geodinámicos, biogeoquímicos y ecológicos responsables de la estabilidad y oferta biológica, ligados en conjunto a la sostenibilidad.

Todo lo mencionado anteriormente y sumando la ubicación del país en la zona intertropical y ecuatorial, variabilidad climática y la influencia de las Cordilleras de los Andes, entre otros factores, dan como resultado la gran diversidad de suelos, lo que hace de gran importancia su

caracterización y descripción en las diferentes zonas, comprendiendo su génesis y relaciones con el entorno, que permita un uso sostenible.

Basado en lo anterior, el trabajo desarrollado en la reserva El Neme se encaminó en identificar, y caracterizar las diferentes unidades de suelos en un área de 131.18 ha al interior de la reserva El Neme, realizando muestreos y observaciones por medio de cajuelas y calicatas para la determinación de su capacidad de uso, aunque por la coyuntura presentada por la emergencia a causa de la pandemia del virus COVID-19, el trabajo solo se pudo desarrollar hasta fase de observación, quedando pendiente la fase de identificación.

## 2 JUSTIFICACIÓN

El municipio de Coello, se encuentra ubicado en el centro del Departamento del Tolima, posee un área de 34.000 ha, una temperatura media anual de 26°C, y su cabecera municipal se encuentra a una altura de 329 m.s.n.m. Las principales actividades económicas del municipio son fundamentalmente agrícolas, ganaderas y de explotación de recursos no renovables (materiales de mina y cantera). Respecto a la agricultura, los cultivos predominantes corresponden a cuatro (4) de tipo transitorios como el sorgo, maíz, algodón y yuca, y 2 permanentes (mango y limón), y otros entre los que se encuentran: maní, ciruela y plátano (Alcaldía de Coello, 2020).

Según datos del POMCA el 93% de la población del municipio es tipo rural, mientras que sólo el 0,12% de esta se ubica en el área urbana, lo que muestra que las principales actividades de sustento de la población esta relacionadas con el uso agrícola y ganadero del suelo. Adicionalmente, según Cortolima la densidad poblacional es la segunda más baja de la cuenca del río Coello (Cortolima, 2020).

Bajo este contexto este trabajo se desarrolla una evaluación con fines de caracterización preliminar de los suelos de la reserva El Neme, la cual corresponde a un predio rural de aproximadamente 360 ha de las cuales fueron evaluadas 131,18 ha. Este trabajo se justifica en el hecho de que actualmente en el predio se desarrollan actividades de tipo ganadero, agrícola

y se cuenta con un área de Reserva Natural de la Sociedad Civil vinculada a RESNATUR desde mayo de 2011.

Uno de los principales intereses en la Reserva, es el de servir como un área donde sea posible desarrollar estrategias de productivas y de conservación acordes con un desarrollo sostenible manteniendo la biodiversidad del sitio, al mismo tiempo que se llevan a cabo actividades productivas amigables con el entorno natural. Bajo estos intereses, resulta importante conocer los suelos presentes al interior del predio, esto con el fin de tener una herramienta de planificación con la cual las actividades productivas, sean distribuidas de forma organizada preservando el recurso y haciendo un uso racional de este.

El presente trabajo, tiene un alcance de generar una caracterización preliminar de los suelos a nivel de cajuela, por lo que no será posible definir las unidades taxonómicas ni genera una capa de capacidad de uso, pero se convierte en una herramienta base para posteriormente dar continuidad a un estudio detallado en el cual se pueda generar una adecuada planificación del predio. No obstante, en concordancia con los objetivos de la reserva, en este estudio se consideró dentro de su alcance identificar la distribución del carbono orgánico presente en el área evaluada (131.18 ha).

En este sentido para hablar de carbono orgánico, también es importante tener en cuenta la Materia Orgánica del Suelo (MOS), la cual es un elemento de gran importancia en varios procesos físico-químicos y biológicos del suelo, actuando como fuente de energía en procesos biológico de heterótrofos y fuente de nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Azufre; además de ello, su propiedad polielectrolítica le permite desarrollar por medio de sus grupos activos, grados de acidez, que ayudan a las plantas a la solubilización de minerales y el transporte de "sustancias catiónicas en forma de complejos solubles".

La MO ayuda al almacenamiento de nutrientes en forma de polímero orgánico complejos y estables (humus); adicionalmente permite la regulación térmica edáfica por el color oscuro del humus; ayuda en capacidad de retención de agua por la formación de puentes de hidrógeno entre los polímeros orgánicos y el agua, en especial en la zona radicular de los cultivos; la MOS

permite la agregación de suelo y mejora la aireación y permeabilidad de este, donde pueden beneficiarse los procesos aeróbicos; y la capacidad amortiguadora, dado a su capacidad tampón o buffer, que evita los cambios radicales de pH (Aguilera, 2000).

El componente principal de la MOS es el carbono orgánico (CO) y es el producto que permanece en el suelo después de la descomposición parcial o total de la MOS; además que constituye el combustible de cualquier suelo (FAO, 2017). La pérdida de carbono orgánico indica un cierto grado de degradación del suelo (FAO, 2017) y afecta la producción de alimentos, conocer las reservas del carbono y cómo se distribuye, permitirá una mejor planificación del uso del suelo y tomar acciones que permitan mejorar y conservar este componente en el área.

## **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar 131,18 hectáreas de la reserva el Neme a partir de un muestreo con observaciones tipo Cajuela para establecer una caracterización preliminar los suelos de la zona.

## **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar una propuesta de unidades cartográficas de suelo a nivel de familia (Tamaño de partícula y régimen de temperatura).
- Generar el mapa y la leyenda de suelos de la reserva natural El Neme en un área de 131,18 ha.
- Generar y evaluar el mapa de distribución de carbono orgánico en el suelo en 131,18 hectáreas de la reserva El Neme.

## **3 MARCO TEÓRICO**

En Colombia, se han firmado varios tratados, convenciones y declaraciones con las cuales se demuestra el interés nacional por proteger el medio ambiente. Algunas de estas, ordenadas cronológicamente son: la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano (1972), la Declaración de Rio de Janeiro sobre Ambiente y Desarrollo (1992), el Convenio sobre Diversidad Biológica (1992), la Convención de Naciones Unidas para el

Cambio Climático (1992), la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía (1994), la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible (2002), la Declaración de Nairobi (2009) (MADS, 2016).

En el 2016, se adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el marco de la planeación de la agenda global ambiental al 2030 (UN, 2020). Entre estos objetivos se encuentran algunos relacionados con las funciones que provee el suelo como: soporte, mantenimiento de su fertilidad y productividad, almacenar y proveer agua limpia, mantener la biodiversidad y aumentar la resiliencia de los ecosistemas al cambio climático. En consecuencia, se considera que la conservación y uso sostenible de los suelos contribuirá al cumplimiento de los objetivos: acción por el clima, hambre cero, buena salud y bienestar, vida de ecosistemas terrestres, y agua limpia y saneamiento (FAO, 2017).

Reconociendo que las pérdidas de biodiversidad son cada vez más aceleradas, en 1988 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA o UNEP en inglés) convocó expertos técnicos y jurídicos para trabajar en conjunto en la elaboración de un instrumento jurídico internacional que protegiera la biodiversidad. De allí surgió el Convenio sobre la Diversidad Biológica, con el cual 168 países se comprometieron a tomar acciones en pro de conservar y hacer un uso sostenible de la biodiversidad, tanto a escala nacional, como internacional (UNEP, 2020). En una de las conferencias de las partes (COP), se definieron las metas Aichi, que sirven como indicadores para monitorear las estrategias. Estas, hacen parte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011- 2020, adoptado como un marco de acción para proteger la biodiversidad y los beneficios que esta proporciona (UNEP, 2020). En especial, respecto al cuidado de los suelos, el Convenio sobre la Diversidad Biológica promueve que se “establezca una iniciativa internacional para la conservación y uso sostenible de los suelos” (CBD, 2002).

El Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, intenta generar un conjunto de acciones tanto a nivel global, nacional y regional, para no aumentar la pérdida de biodiversidad. Esto, con base en el mantenimiento de la calidad de ecosistemas y organismos, sin afectar el bienestar de las poblaciones humanas aledañas, tratando también de ligarlo con instrumentos

políticos a una proyección de diez años, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales (Rincón-Ruíz *et al.*, 2014). Luego, las metas de Aichi, contribuyen al reconocimiento de la importancia del valor de la biodiversidad para la sociedad. Adicionalmente, resaltan la importancia de reducir los impactos directos sobre los recursos naturales y promover el uso sostenible de estos; y apoyar la “planificación participativa, la gestión de los conocimientos y la creación de capacidades” (CBD, 2020).

Todo lo anterior, cobra relevancia al estudiar los suelos y caracterizarlos, pues estos pueden contribuir al cumplimiento de metas internacionales asociadas a la conservación. Lo anterior, puesto que soportan diferentes ecosistemas, y son hábitat y fuente de alimento para múltiples organismos. Asimismo, al verse involucrados en el ciclaje de nutrientes, pueden contribuir a la consecución de la captura de gases efecto invernadero, o a la disminución de las emisiones. Por esto, es importante darles un manejo adecuado que permita su conservación y uso sostenible.

Luego, con respecto al manejo de suelos en el país, se puede decir que el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Ley 2811 de 1974), establece que el uso del suelo “debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos”. Adicionalmente, indica que, “se debe determinar su uso potencial y clasificación según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de cada región” (MADS, 2016). Partiendo de esto, en los años 80’s se reportó un diagnóstico acerca de las dificultades para la conservación del suelo, y también se sugerían algunas acciones para su manejo. Asimismo, se reconocían funciones del suelo como: ser sustrato fundamental para la producción de materia prima, y aportar al equilibrio ecosistémico; aportar a la producción de alimentos y al desarrollo de actividades productivas; y espacio territorial para las poblaciones que requiere de administración integral y protección ambiental. Se reconocía, además, que si no se tenían en cuenta estas funciones de manera conjunta, se daría un manejo inadecuado de los suelos, y esto conllevaría a su degradación, causando costos sociales. Es por esto, que se enfatizaba en la importancia de evaluar técnica y científicamente los suelos, para conocer cuál debería ser su manejo adecuado, según sus particularidades. Así, podrían mantenerse las actividades productivas asociadas a los recursos (INDERENA, 1986).

Más tarde, en el ámbito legislativo, en el artículo 17 de la ley 99 de 1993, se estableció que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) se encargaría de obtener, procesar y divulgar la información relacionada con la caracterización de los suelos del país. Lo anterior, para establecer el manejo y aprovechamiento que se les daría a los recursos biofísicos. Adicionalmente, se estableció que a esta entidad le competía el seguimiento de los recursos biofísicos de la nación, y particularmente a la contaminación y degradación de estos, lo que influiría en la toma de decisiones por parte de las autoridades ambientales. Posteriormente, al IDEAM correspondió la responsabilidad de realizar investigaciones científicas básicas acerca de la conservación de los suelos, pero la responsabilidad de producción, procesamiento y análisis de información geográfica de aspectos biofísicos se trasladó al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Entidad que ha liderado el estudio y clasificación de los suelos en el país, logrando cada vez análisis más detallados. Por otro lado, el artículo 31 de dicha ley, establece que entre las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), se incluye la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, suelo, aire y demás recursos naturales renovables. Lo anterior implica la vigilancia de la incorporación de sustancias contaminantes a estos, así como la obstaculización de usos que los dañen o amenacen su desarrollo sostenible.

Posteriormente, mediante la Resolución 0170 de 2009, se asignó al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la obligación de formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos. Además, se expiden documentos como la Política para la Gestión Sostenible del Suelo (2016); y, posteriormente, la Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible del suelo en áreas rurales (2018). Con estos documentos se busca fomentar la caracterización y estudio de los suelos en el país, en pro de su conservación y manejo adecuado. Además, se resalta su reconocimiento como un recurso que ofrece múltiples funciones y tiene un gran valor, para el sostenimiento de las actividades productivas y del bienestar humano.

### 3.1 IMPORTANCIA DEL SUELO EN LA CONSERVACIÓN

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que se obtienen de la biodiversidad. Estos condicionan la vida y permiten el desarrollo de los sistemas culturales humanos, pues son la fuente de las actividades humanas (producción, extracción, asentamiento y consumo) (MADS, 2016). En especial, los servicios ecosistémicos que provee el suelo, permiten tener seguridad alimentaria, pues dan el acceso "físico, social y económico a alimentos necesarios suficientes, inocuos y nutritivos" necesarios para una vida sana (FAO, 2011). Además, el suelo soporta y suministra nutrientes para los cultivos; contribuye en el ciclaje nutrientes; almacena o fija carbono, y almacena y filtra agua. Adicionalmente, soporta actividades socioeconómicas al ser fuente de materias primas; actúa como reserva de biodiversidad y depósito del patrimonio geológico y arqueológico; y se aprovecha también como espacio físico y cultural para la humanidad. En consecuencia, se han desarrollado estudios y metodologías, para su aprovechamiento y su uso adecuado, dado que la producción de alimentos está relacionada de manera directa o indirecta, en un 95% con el suelo, y la tercera parte del planeta está destinada a la agricultura (Burbano-Orjuela, 2016).

El suelo provee servicios ecosistémicos de todos los tipos: de aprovisionamiento, culturales, de soporte y de regulación. Entre estos se encuentran: la purificación del agua; la disminución de los contaminantes; la regulación del clima; la contención de herencia cultural; el soporte de asentamientos humanos; la regulación de las inundaciones; y ser hábitat para organismos (Nortcliff *et al.*, 2000). De este último, se derivan muchos otros servicios como: la producción de materias primas, que serán utilizadas para la alimentación, la construcción, y también para procesos industriales (fabricación de medicamentos, pigmentos, cosméticos, entre otros).

En el suelo habitan numerosos organismos, que, al morir, en conjunto con sus desechos, constituirán la materia orgánica del suelo (MOS) (FAO, 2005). La materia orgánica actúa como fuente de energía en procesos biológicos de organismos heterótrofos, debido a que es fuente primaria de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y azufre (Aguilera, 2000). Puede estar constituida por diferentes organismos como: microfauna protozoaria, microfauna de animales superiores y microorganismos; y por componentes abióticos como la materia lábil. Esta última,

representa el 10-15% de la MOS, y se relaciona con la descomposición de animales y vegetales (Aguilera, 2000). Al estar involucrada en varios procesos fisicoquímicos y biológicos del suelo, se ha considerado a la MO uno de los principales indicadores de la salud del suelo (Ferrarini *et al.*, 2017).

La materia orgánica es el segundo componente más importante del suelo, después de la fase mineral. Esta influye en características físicas del suelo y por eso se considera un buen indicador de su calidad. Influye, por ejemplo, en la estructura, permitiendo que se formen agregados estables, debido a las propiedades aglomerantes de las sustancias húmicas. Estos agregados no sólo facilitan la retención de agua debido a desequilibrios eléctricos; si no que además contribuye al drenaje del suelo, evitando encharcamientos. En consecuencia, se evita que ocurran condiciones de anoxia, porque adicionalmente, los agregados suelen tener una alta porosidad, lo que permite el intercambio líquido y gaseoso a través del suelo (Aguilera, 2000).

Además, los flujos de sustancias en el suelo se relacionan no sólo al transporte, sino también a las transformaciones químicas que contribuyen al ciclaje de nutrientes. Inicialmente, la MO sufre distintos procesos de transformación en el suelo que conllevan a su progresiva degradación. Los procesos asociados a la transformación de la materia orgánica pueden ser categorizados desde la inclusión de nueva materia orgánica (deposición de detritos). Entre estos procesos de transformación se encuentran algunos de tipo físico, como el fraccionamiento por parte de los organismos; y otros de tipo químico, como la mineralización y la humificación. Es así como a través del tiempo se magnifica la biodisponibilidad de los recursos provenientes de la materia orgánica, y los productos de la mineralización se integran a los ciclos biogeoquímicos (Guggenberger, 2005).

Los procesos de transformación química implican etapas sucesivas de disminución de tamaño de la materia y también disminución en la complejidad de las moléculas. En especial, la humificación se refiere a la degradación sucesiva de la materia orgánica hasta la indistinción de los productos. Entre estos últimos se incluyen sustancias húmicas como: los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos y las huminas. La mineralización, por su parte, involucra la transformación llevada a cabo por microorganismos heterótrofos a compuestos inorgánicos. Entre estas, se encuentra

el dióxido de carbono que se liberará a la atmósfera. Luego, teniendo en cuenta que la materia orgánica se compone principalmente de carbono, los procesos de transformación química del suelo pueden ocasionar liberación y fijación de este elemento en el suelo (Guggenberger, 2005).

El carbono en el suelo proviene principalmente de fuentes orgánicas en muchos tipos de suelo, pues se estima que en estos sólo el 30% de la cantidad total de carbono proviene de carbonatos. Adicionalmente, se sabe que el primer metro del suelo almacena aproximadamente 1500 petagramos de carbono, lo que es casi el doble de la cantidad almacenada en la atmósfera. Por lo anterior, un buen uso del suelo y la conservación de la cobertura del mismo puede contener el dióxido de carbono allí almacenado, y contribuir a la captura de carbono por parte de los organismos autótrofos (FAO, 2017).

El carbono puede perderse en el suelo tanto al ser extraído en compuestos de fase sólida, líquida o gaseosa. Cuando se retira material vegetal y/o suelo, u ocurren procesos de erosión, se pierde contenido en el medio sólido del que se trate. Por otro lado, la pérdida en forma líquida ocurre cuando se lava y se arrastra a los ríos y como carbono orgánico disuelto. Finalmente, los exudados de las raíces, y la actividad microbiana, generan las emisiones a la atmósfera. No obstante, existen procesos asociados a la retención del CO en el suelo. Estos corresponden a las interacciones y asociaciones dadas con los minerales del suelo, y de estos también depende la persistencia de la MO en el suelo (Schmidt *et al.*, 2011).

El contenido de carbono en el suelo y su cobertura, son importantes debido a su magnitud. No sólo debido a que el suelo es un sumidero de carbono, sino también porque las plantas representan la biomasa con mayor contenido de carbono (Bar-On *et al.*, 2018). Además, las mediciones asociadas al contenido de carbono en el suelo permiten esclarecer la dinámica de este elemento en términos de sus flujos, hacia la atmósfera y hacia los sumideros. A su vez, esto permite comprender mejor los procesos de respiración y fotosíntesis de las comunidades vegetales y de los ecosistemas, lo que conlleva a una comprensión de la resiliencia de los mismos. Esto es importante dado que el suelo es el hábitat de muchos organismos. Se ha identificado alrededor de quince mil millones de bacterias en un gramo de suelo (Dykhuizen, 2014). También es hábitat del grupo insecta, el cual tiene la mayor riqueza entre los grupos de

animales (Slater, 2014). Por otro lado, el estudio de los flujos de carbono permite registrar y monitorear de una manera más precisa el CO<sub>2</sub>, y así evaluar oportunamente el progreso asociado a la disminución de emisiones en pro de la mitigación y adaptación al cambio climático (FAO, 2017).

Todo esto cobra importancia al tener en cuenta que en el país se busca promover la valoración y evaluación de los servicios ecosistémicos, conservar y usar sosteniblemente los recursos y cumplir con las metas internacionales fijadas. Por esta razón, política y jurídicamente se ha promovido la inclusión de estos aspectos para el adecuado manejo y gestión del suelo. Por ejemplo, existe el pago por servicios ambientales (PSA), el cual consiste en una transacción voluntaria que corresponde a un servicio ambiental o uso de la tierra que asegure la provisión de ese servicio. Esta transacción involucra a un comprador y un proveedor del servicio, que debe asegurar la provisión del servicio. "Por ejemplo: captura de carbono o conservación de la biodiversidad" (MADS, 2016). Esto, promueve el cumplimiento de las obligaciones que los propietarios de predios tienen para la protección y conservación de suelos (Decreto 1076 de 2005), entre las que se incluyen: hacer uso del suelo manteniendo su integridad física y capacidad productora; proteger los suelos mediante el manejo adecuado; y mantener la cobertura vegetal en los terrenos dedicados a la ganadería.

En concordancia, también existen incentivos de financiación que apoyan proyectos de sostenibilidad agropecuaria que tengan beneficios ambientales y sociales. Tal es el caso del Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) (MADS, 2016). De la misma manera, con el fin de cumplir con los compromisos de la COP 21 (Conferencia veinteaava), se creó en la Ley 1819 de 2016 un impuesto nacional al carbono. Tal como se menciona en el artículo 221 de esta ley, este gravamen recae sobre los vendedores e importadores de combustibles fósiles y gas fósil, e implica el pago de quince mil pesos por tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). No obstante, pueden ser exentos de pagar el impuesto, aquellos que certifiquen ser carbono neutro. Dado que con base en lo establecido en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es adoptado en el país, Colombia puede beneficiarse de las actividades que resulten en Certificados de Emisiones Reducidas (CER) (UN, 1998). Los CER, pueden surgir de entidades públicas o privadas, y simbolizan permisos para emitir una tonelada de dióxido de

carbono equivalente. Lo anterior debido a un proceso de compensación en el que se ha captado y almacenado carbono de la atmósfera por bio-secuestro (reforestación), y captación en el suelo y el océano (Chonde, 2016).

#### 4 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La Reserva Natural "El Neme" se encuentra en el municipio de Coello, por lo cual los antecedentes correspondientes al área de trabajo son: el estudio general de suelos del departamento del Tolima (Escala 1:100.000) (IGAC, 1987), la agenda ambiental del municipio de Coello (AMC, 2011) y el POMCA del Río Coello.

##### 4.1 ESTUDIO GENERAL DE SUELO ESCALA 1:100.000

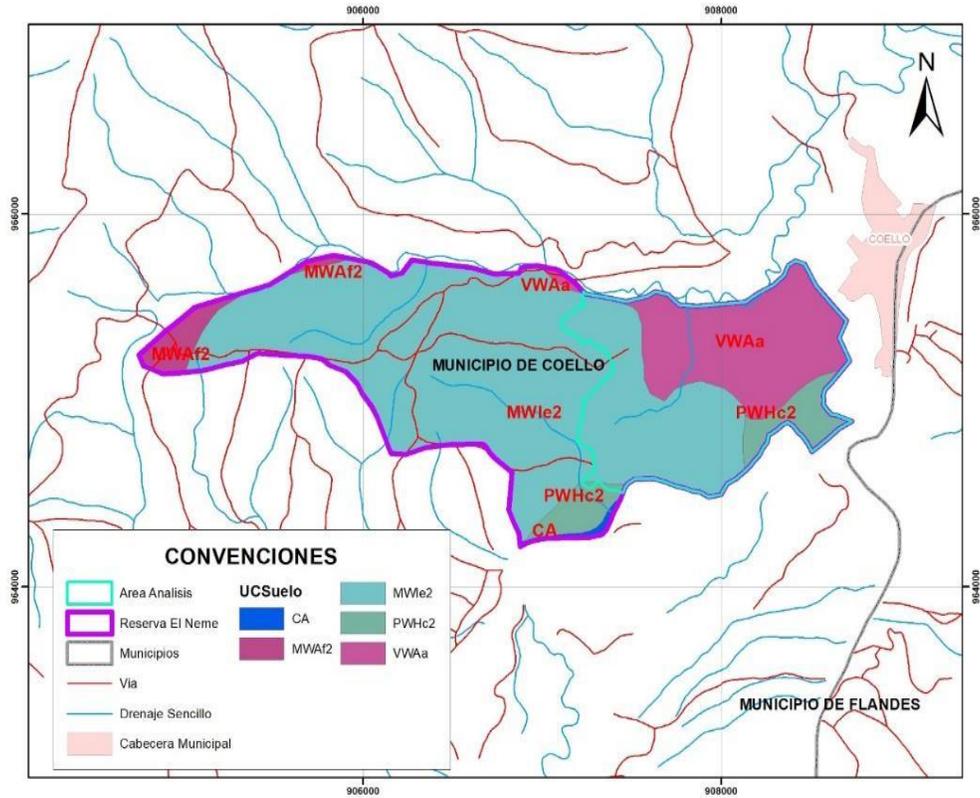
De acuerdo con el Estudio General de Suelos del departamento de Tolima (Escala 1:100.000), la reserva "El Neme" posee 5 diferentes tipos de suelo. Entre estos, el que mayor porcentaje ocupa dentro de la reserva, corresponde a la Asociación Typic Dystrustepts- Lithic Ustorthents (símbolo PWH) con un 71 %, como se puede observar en la **Figura 1**, **Figura 2** y **Tabla 1**. De la asociación anterior, el suelo que predomina es Typic Ustorthents, el cual se caracteriza por tener un horizonte A sobre un C o R. Además, posee las mínimas características de un Entisol, se encuentra en un régimen de humedad ústico, y cumple con los mínimos requisitos para pertenecer a los Ustorthents. Por último, este suelo tiene una fracción de tierra - fina menor al 18 % de arcilla, y se encuentra sobre 35 % de fragmentos de roca con una textura franco arenosa (IGAC, 1987). A nivel de uso, el estudio referencia que este suelo se emplea para ganadería extensiva y pastos no manejados.

Dentro de la zona de estudio, se puede llegar a encontrar también las unidades cartográficas de suelos: Asociación MWI (colocar el símbolo de la UCS), conformada por los suelos: Typic Dystrustepts, francosa fina, activa, isohipertérmica- Lithic Ustorthents, fragmental, subactiva isohipertérmica; Asociación PWH (símbolo de UCS), con los suelos Typic Ustropepts -Lithic Ustorthents, francosa gruesa sobre esquelética arenosa, superactiva isohipertérmica-Typic Natrustalfs, la Consociación Typic Haplustepts- Fluventic Dystrustepts. Las UCS que ocupan

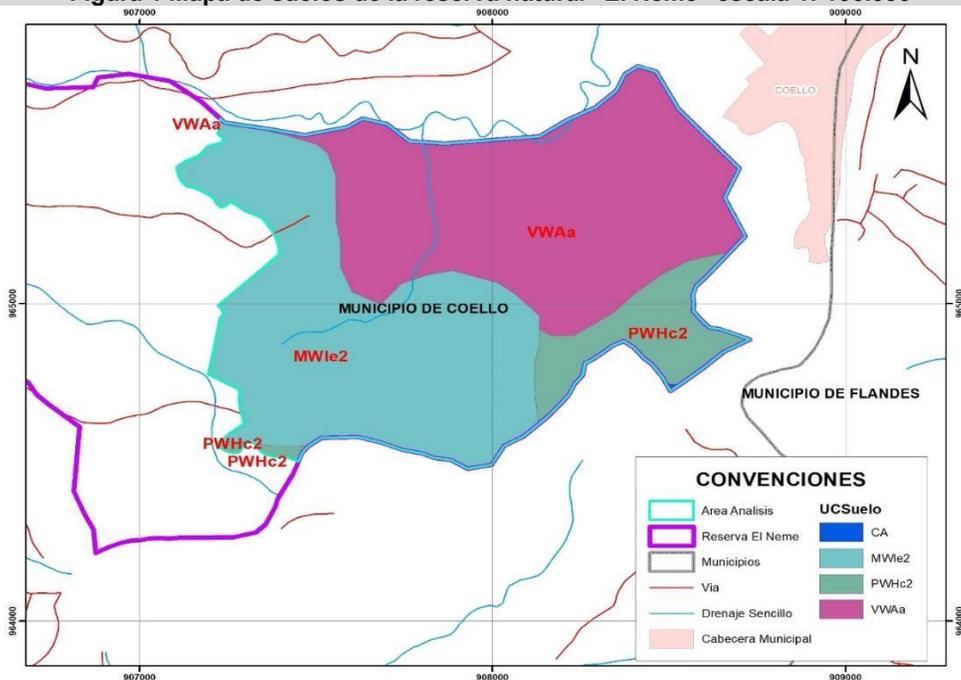
mayor área es la asociación MWI con un porcentaje de 45% de toda el área de estudio. Además, el grupo que posee menos área dentro de la zona de estudio es la asociación Typic Ustropepts - Lithic Ustorthents - Typic Natrustalfs con apenas un 9%. Lo anterior se ve reflejado en la **Figura 2** y **Tabla 1**.

**Tabla 1 Distribución de suelos de la reserva "El Neme" escala 1:100.000 .**

	Tipo Suelo	UCS (Símbolo)	Pendiente	Capacidad	Porcentaje (%)	Ha
Asociación	Typic Dystrustepts Francosa fina, Activa ,Isohipetérmica	MWI	e	7pe	71,3%	230,7499
	Lithic Ustorthents Fragmental Subactiva,,Isohipetérmica					
Asociación	Typic Ustorthents Francosa-gruesa sobre esquelética arenosa, Superactiva,Isohipetérmica	PWH	c	4es	6,3%	20,4045
	Lithic Ustorthents Fragmental,Subactiva, Isohipetérmica,					
	Typic Natrustalfs Fina,Superactiva, Isohipetérmica					
Consociación	Typic Haplustepts Francosa-Gruesa,Superactiva, Isohipetérmica	VWA	a	4h	18,9%	61,2243
	Fluventic Dystrustepts Francosa- Gruesa, Superactiva, Isohipetérmica					



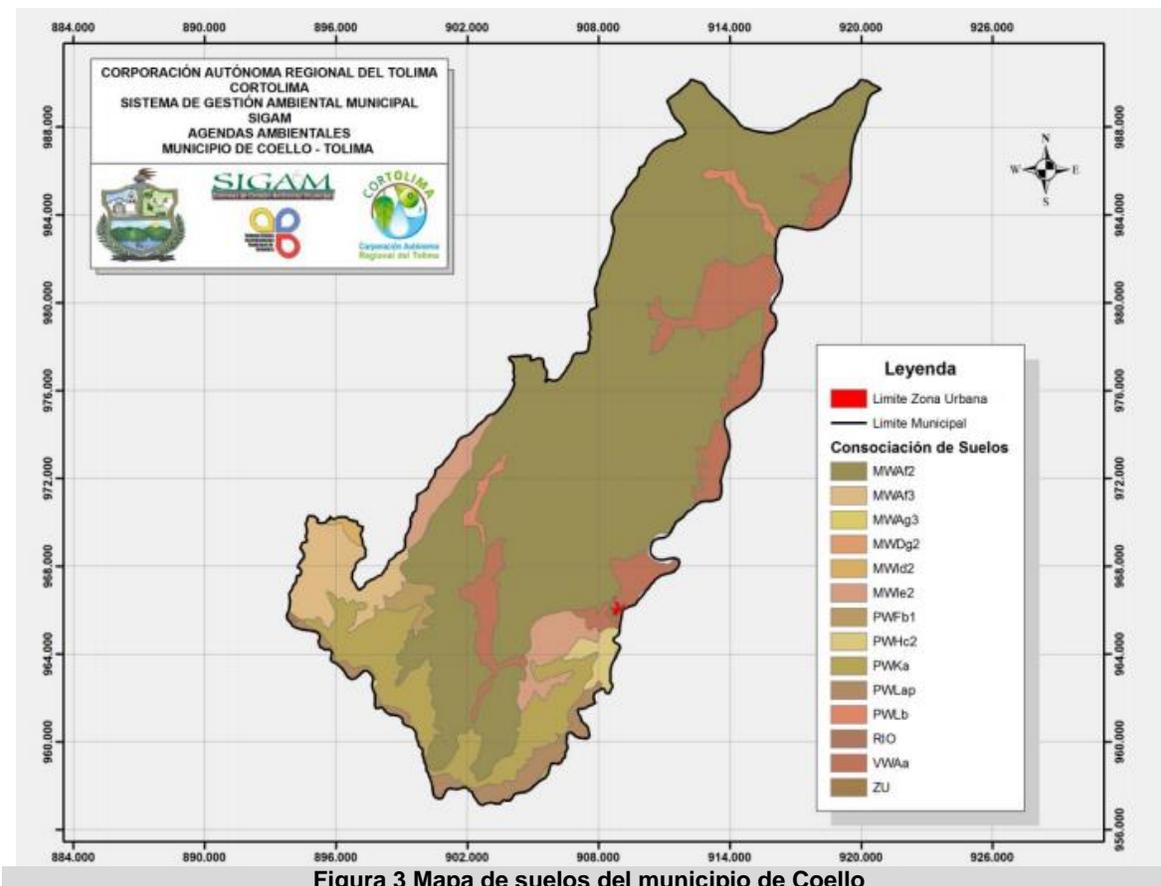
**Figura 1 Mapa de suelos de la reserva natural "El Neme" escala 1: 100.000**



**Figura 2 Suelos del polígono de estudio de la reserva "El Neme" escala 1: 100.000**

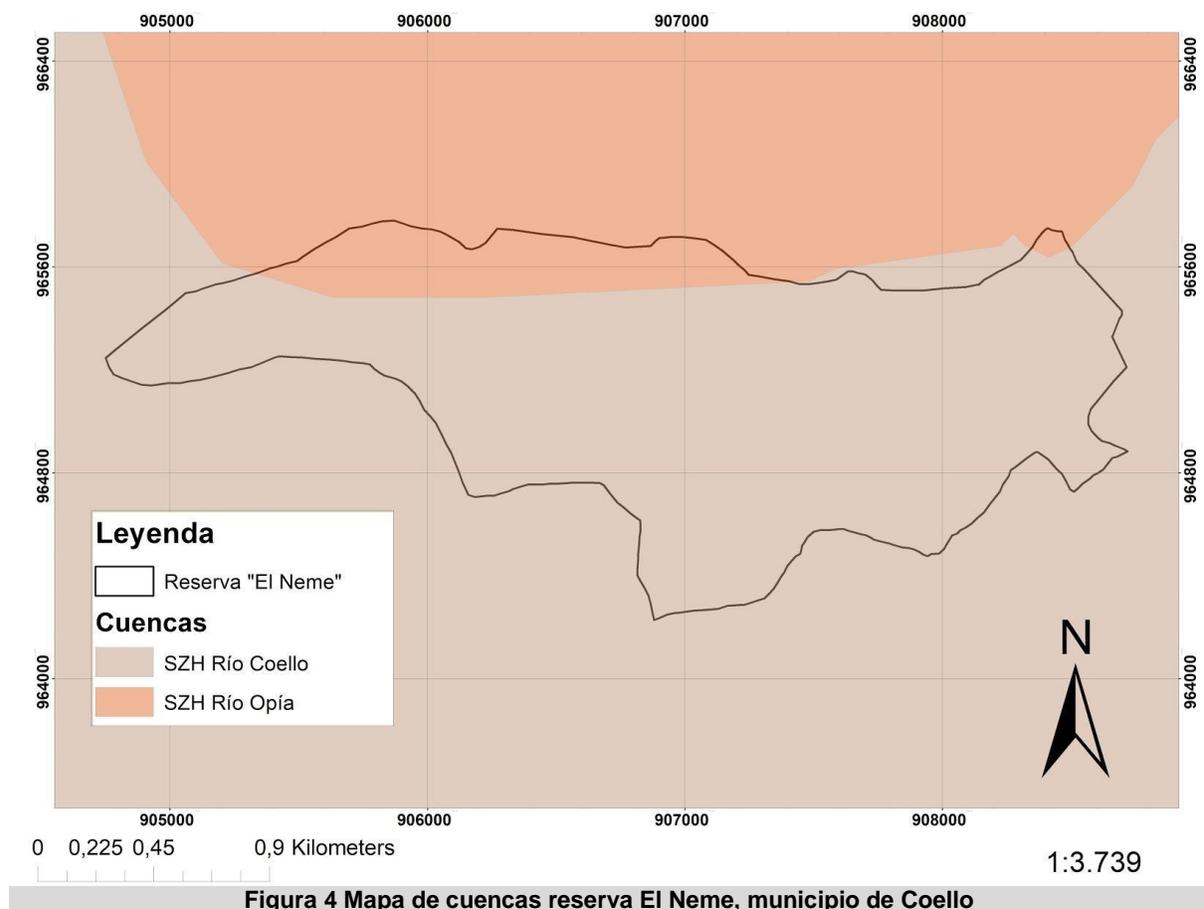
#### 4.2 AGENDA AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE COELLO.

Por otra parte, el estudio de suelo de la agenda ambiental del municipio de Coello, reporta que el suelo más representativo dentro de municipio es una Asociación Typic Ustorthents-Lithic Ustorthents (símbolo MWA), esta asociación representa el 71% del suelo de Coello (AMC, 2011). La Asociación MWA presenta 3 fases de acuerdo con la pendiente y grado de erosión, la cuales son MWAf2, MWAf3, MWAg3; siendo la fase MWAf2 la más representativa o la que mayor área ocupa con un 67%, y se caracteriza por tener una pendiente 50 – 75%, con una erosión moderada y una clase agrológica VIII con base en su capacidad de uso (AMC, 2011). En la **Figura 3** se observa el mapa de suelo del municipio de Coello.



### 4.3 POMCA RÍO COELLO

La mayoría del área de estudio de la reserva hace parte de la Subzona Hidrográfica del río Coello (SZH Río Coello) como se observa en la **Figura 4**, por los tanto se tomó como información base, el POMCA de esta cuenca. La información que nos arroja este antecedente, está relacionada con el uso de suelo actual que se está dando a los suelos que están dentro de la cuenca del río Coello.



**Figura 4 Mapa de cuencas reserva El Neme, municipio de Coello**

En el estudio semidetallado del POMCA de río de Coello, permite ver que la clase agrologica con mayor porcentaje dentro de área de estudio es la **VIII** con un porcentaje de 56 %, cuyas características son un relieve moderadamente escarpado, de climas muy variados: cálido, medio, frío y muy frío húmedos, de suelos superficiales y muy superficiales, de fertilidad baja a

moderada, y ligera a moderadamente erosionados (CORTOLIMA, 2018), además la clase **IVts** es la que menor se encuentra en el área con apenas un **0.07%**.

## 5 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Natural El Neme se ubica al interior del municipio de Coello, en el centro del departamento del Tolima, en las coordenadas geográficas 4° 17' de latitud Norte y los 74° 54' de longitud Oeste. Esta, fue creada en el 2011 para conservar la biodiversidad y promover actividades sostenibles relacionadas con la educación ambiental y la promoción de la investigación como turismo de naturaleza, investigación, educación, comunicación y divulgación ambiental. Lo anterior, debido a que, en El Neme, se encuentran remanentes de bosque seco tropical, así como zonas de chaparrales, matorrales y praderas, algunos ríos y quebradas.

El municipio de Coello limita al noroccidente con el municipio de Piedras, al oriente con el río Magdalena y el departamento de Cundinamarca, y al sur con los municipios Espinal, Flandes y San Luis. La reserva El Neme posee un área de aproximadamente 360 ha y se encuentra en un paisaje de montaña y planicie a una altura de 300 m.s.n.m., con pendientes entre 0 y 25%.



Fotografía 1 Áreas boscosas en zonas onduladas de La Reserva Natural el Neme.



Fotografía 2 Áreas de pastoreo en la zona plana



Fotografía 3 Área boscosa asociada a quebrada Naguache

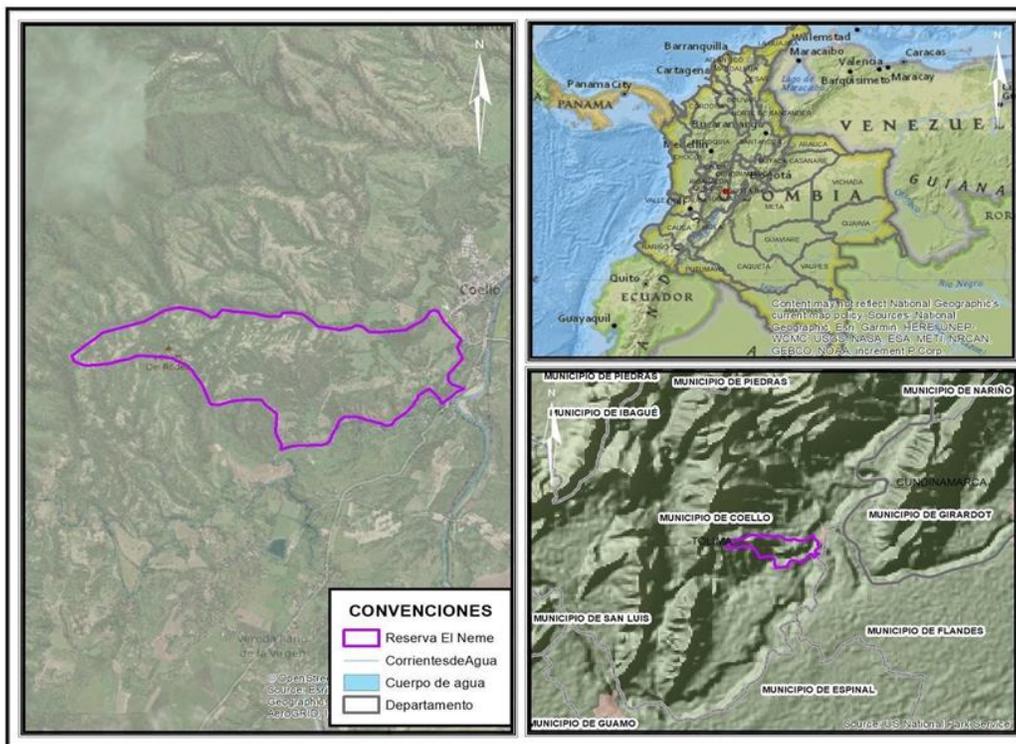
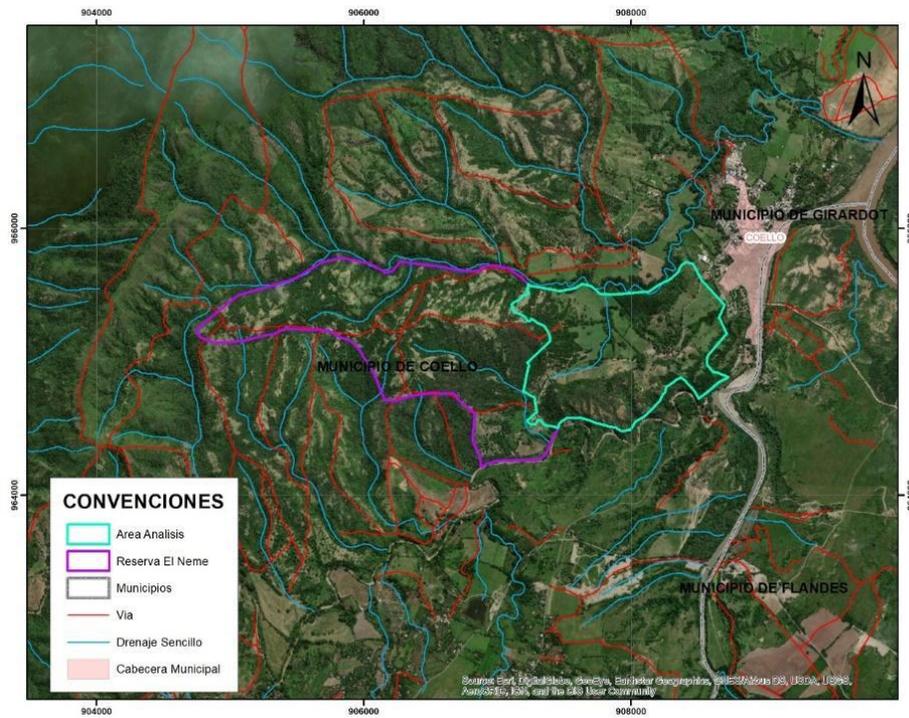


Figura 5 Ubicación reserva el Neme.

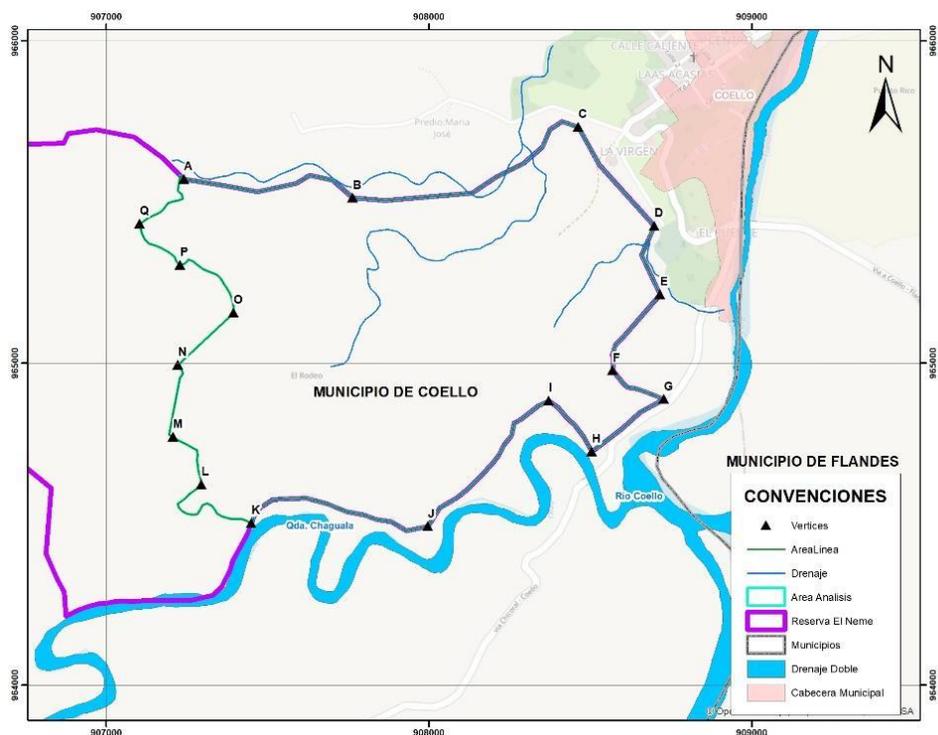
La zona suroriental de la reserva está bordeada por la quebrada Chagualá y el río Coello, y dentro de la reserva se encuentran vertientes de la quebrada Quindío (al sur) y la quebrada Naguachi (al norte).

Le reserva El Neme tiene un área de 360 ha aproximadamente, de las cuales el 75 % corresponden a un terreno montañoso y el 25 % a un paisaje de planicie y piedemonte. Para el

desarrollo del presente estudio se delimitó un área de 131.18 ha ubicadas en el sector oriental del predio y que corresponde en su mayoría al paisaje de planicie, donde se desarrollan la mayor parte de las actividades productivas de la reserva **Figura 6, Figura 7 y Tabla 2**. En el capítulo siguiente se presentan las características del medio biofísico en lo relacionado con la geología, geomorfología y clima local.



**Figura 6 Delimitación del área del estudio al interior la reserva**


**Figura 7. Vértices área de estudio**
**Tabla 2. Coordenadas área de estudio reserva El Neme**

VÉRTICE	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		COORDENADAS GEOGRAFICAS WGS1984	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
A	907241,742	965570,0164	4° 17' 3,797" N	74° 54' 47,014" W
B	907763,9046	965511,4924	4° 17' 1,910" N	74° 54' 30,080" W
C	908463,1949	965731,776	4° 17' 9,105" N	74° 54' 7,413" W
D	908698,9964	965424,9704	4° 16' 59,126" N	74° 53' 59,756" W
E	908716,1222	965212,303	4° 16' 52,204" N	74° 53' 59,194" W
F	908569,3723	964975,5109	4° 16' 44,491" N	74° 54' 3,944" W
G	908728,4255	964886,7088	4° 16' 41,606" N	74° 53' 58,783" W
H	908504,4508	964724,5473	4° 16' 36,319" N	74° 54' 6,040" W
I	908371,491	964882,3571	4° 16' 41,452" N	74° 54' 10,357" W
J	907997,3619	964492,291	4° 16' 28,741" N	74° 54' 22,475" W
K	907450,3131	964502,4489	4° 16' 29,053" N	74° 54' 40,213" W
L	907295,4582	964622,5109	4° 16' 32,955" N	74° 54' 45,239" W
M	907208,2513	964769,8312	4° 16' 37,748" N	74° 54' 48,072" W
N	907222,6447	964993,9161	4° 16' 45,043" N	74° 54' 47,613" W
O	907395,1534	965154,7831	4° 16' 50,285" N	74° 54' 42,025" W
P	907230,053	965304,0084	4° 16' 55,137" N	74° 54' 47,384" W
Q	907104,1111	965431,0087	4° 16' 59,267" N	74° 54' 51,472" W
Área: 131,18 Ha				

## 6 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO

En este capítulo se presentan las principales características ambientales relacionadas a la geología, geomorfología, clima y organismos presentes en el polígono de 131,18 ha analizadas de la reserva El Neme. Dichos componentes ambientales se tienen en cuenta ya que se hacen parte de los 5 factores que forma el suelo.

### 6.1 GEOLOGÍA

Con el fin conocer el marco geológico en el cual se encuentra localizado el polígono de estudio se presenta en este capítulo, un resumen de la Geología Regional del área, Estratigrafía, y Geología Estructural.

#### 6.1.1 Geología regional

El municipio de Coello tiene una geología marcada por el inicio de la región conocida como Alto Magdalena, y como consecuencia de esto hace parte de la barrera Girardot – Guataquí (AMC, 2011). La génesis de esta región comienza por el efecto producido por una falla inversa con dirección SW - NE, ubicada a 2 Km del Municipio de Piedras al sur de la zona urbana de este, con una trayectoria que señala el cauce del Río Opía hasta la desembocadura en el Magdalena; razón por la cual se denomina Falla de Opía, la cual en este sitio toma parcialmente el trazo de la Falla de Ibagué. (INGEOMINAS, 2002).

Otra teoría de la formación de la barrera Girardot – Guataquí, es que es el resultado del levantamiento producido por la acción de las Fallas de Ibagué y Falla Río Bogotá con dirección NE ocurrida a finales del Plioceno o a comienzos del Pleistoceno. Pero, lo más seguro es que esta barrera viene actuando desde comienzos del Terciario, hace 65 millones de años y que, en épocas recientes, por movimientos tectónicos se ha convertido cada vez más nítida en su topografía (AMC, 2011).

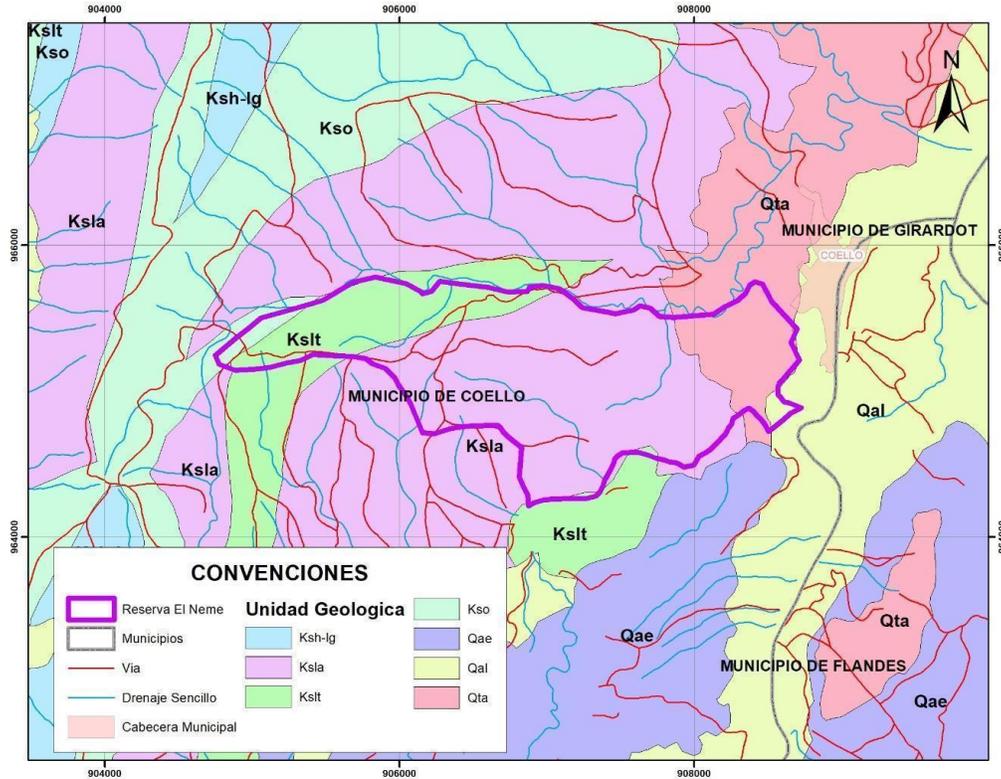
A nivel general la estratigráfica regional del área de estudio, está formada por los Sedimentos Marinos, Sedimentos Continentales, Sedimentos Cuaternarios **Tabla 3**.

**Tabla 3. Descripción de la geología regional del municipio de Coello**

Sedimentos	Características generales	Formación	Descripción de la formación
Marinos	Corresponden a rocas que se sedimentaron entre el Turoniano (91 m.a) y Maestrichtiano (70 m.a), con edades pertenecientes al Cretáceo Superior	Formación Hondita	Compuesta por bancos de calizas arenosas en la base, las cuales muestran intercalaciones de lutitas con concreciones calcáreas que se incrementa a medida que se asciende en la secuencia (Patarroyo, 2011).
		Formación Loma Gorda ( <b>Ksla</b> )	Constituida por micritas, biomicritas y lodolitas calcáreas, de color negro y gris. En esta zona se encuentra frecuentemente concreciones calcáreas normalmente fosilíferas (Patarroyo, 2011). En la región de Coello se encuentran en el núcleo de todos los anticlinales cretáceos de valles intramontanos
		Formación Olini ( <b>Kso</b> )	Se encuentra en crestas alargadas hacia el norte, correspondientes a anticlinales cerrados como los de El Neme y La María. Tiene dos divisiones una de 50m en el techo y otro de 30m de espesor en la base, poseer unas intercalaciones de chert carbonaceo y algunas capas de lutitas; en la parte central predominan las lutitas y margas (AMC, 2011).
		Formación San Cayetano	Posee una secuencia de lutitas grises, arcillolitas con algunos bancos de areniscas; toda la serie es calcárea, presentando hacia la parte superior concreciones calcáreas redondeadas (Porta, 1966). En el sector de Coello aflora en una extensa zona que cubre el piedemonte al oeste de la zona urbana. Tiene un espesor de 115m, los mejores afloramientos están en los dos flancos del anticlinal de El Neme (AMC, 2011).
		Formación La Tabla ( <b>Kslt</b> )	Es una alternancia de lutitas grises con bancos de areniscas en la base y en la parte media; termina hacia el techo con bancos de conglomerados arenosos con espesores hasta de 2m. es la unidad más superior del Cretáceo que aflora en Coello (Patarroyo, 2011).
Continentales	Asociados al retiro del mar a finales del Cretáceo, como consecuencia del levantamiento de la Cordillera Central	Formación Guaduas	Consta de arcillolitas grises, verdes y rojas, con intercalaciones de bancos de areniscas grises de grano fino a medio, con cemento calcáreo; hacia la parte más superficial son frecuentes los bancos de conglomerados finos y areniscas, intercalados con arcillolitas azules y verdes (Amaya y Jaramillo, 2010).
		Formación Gualanday Inferior	constituida por bancos de areniscas blancas, de grano medio a grueso, sueltas, intercaladas con lentejones de conglomerados cuyos diámetros alcanzan hasta 13cm; estos cantos están compuestos principalmente por cuarzo, y en menor cantidad liditas y rocas silíceas blancas (Téllez y Navas; 1962).
		Formación Gualanday Medio	Predominan las arcillolitas de color amarillo hacia la base, rojizas hacia la parte superior por el contenido de óxido de hierro; a un tercio de la base se encuentra un banco de arenisca y hacia la parte superior son recurrentes los bancos de arenisca de grano grueso y

			conglomerados de cuarzo, lidita y rocas silíceas blancas con matriz arenosa (Téllez y Navas; 1962).
		Formación Gualanday Superior	Se caracteriza bancos potentes de conglomerados con cantos hasta de 20cm. esencialmente de cuarzo; que están intercalados con capas de conglomerados de grano fino y algunas arcillolitas arenosas de color amarillo con machas de óxido de hierro, lo cual refleja un color rojizo a toda la unidad; (Téllez y Navas; 1962).
Cuaternarios	Rocas no consolidadas depositadas recientemente y relacionadas con rocas volcánicas, flujos de lodo y aluviones.	Terraza de Ibagué	Constituido por material aluvial compuesto de cantos de rocas graníticas, volcánicas y metamórficas con matriz areno-arcillosa, cenizas volcánicas (AMC, 2011).
		Abanico del Espinal	Material volcánico compuesto de fragmentos pumíticos parcialmente re TRABAJADOS por corrientes de agua, embebidos o soportados por cenizas volcánicas. Se depositan en la margen izquierda del río Coello. (Tello, 2001).
		Terrazas Aluviales (Qta y Qal) - Aluviones Recientes	Materiales sueltos compuestos por cantos redondeados, gravas, arenas y en algunos casos con matriz arcillosa depositados en el cauce activo del drenaje; se depositan principalmente en el Río Coello, Quebrada Chagualá y en los cauces de todos los drenajes del área (Sánchez <i>et al</i> , 2007)

A nivel específico, el área de estudio constituida por 131 ha al interior de la reserva El Neme, presenta 5 de las 12 formaciones geológicas descritas en la **Tabla 3**, y que son tomadas del estudio escala de 1:100.000, la cuales son Olini (Kso), La Tabla (Kslt), Nivel de Lutitas y Arenas (Ksla), Terrazas altas (Qta) y (Qal); La distribución de las unidades geológicas se observa en la



**Figura 8. Unidades Geológicas reserva El Neme.**

Fuente: Usando el Mapa Geológico de Colombia a escala 1:100.000 del INGEOMINAS (2002).

Con base en la distribución de las formaciones geológicas que se presenta en la **Tabla 4**, se puede observar que la formación Ksla ubicada en el centro de la reserva es la que mayor área ocupa, con 207,1 ha abarcando el 64% del polígono total.

**Tabla 4. Unidades Geológicas presenta en le reserva el Neme.**

Unidad Geológica	Área (ha)	% en la reserva
Ksla	207,1	64
Kso	6,3	2
Kslt	61,1	19
Qal	3,0	1
Qta	44,4	14

## 6.2 PERFIL TOPOGRÁFICO DE LA RESERVA “EL NEME”

En la **Figura 9** se puede observar que la Reserva El Neme tiene alturas que varían entre los 486 msnm y los 296 m.s.n.m., generando un perfil topográfico que puede separado en tres tipos de

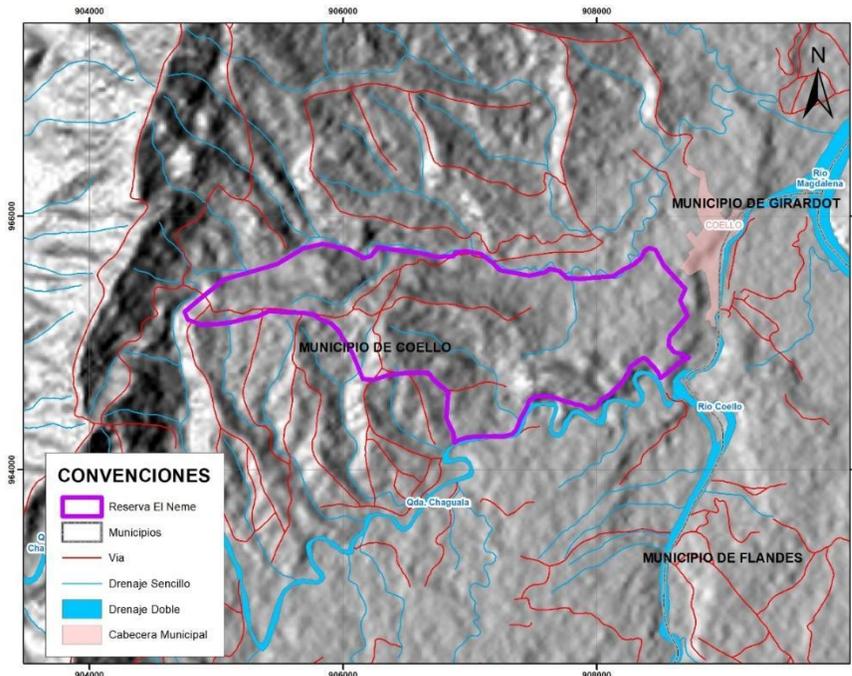
paisaje, los cuales son la montaña, piedemonte y planicie aluvial, que se describen en el apartado siguiente.

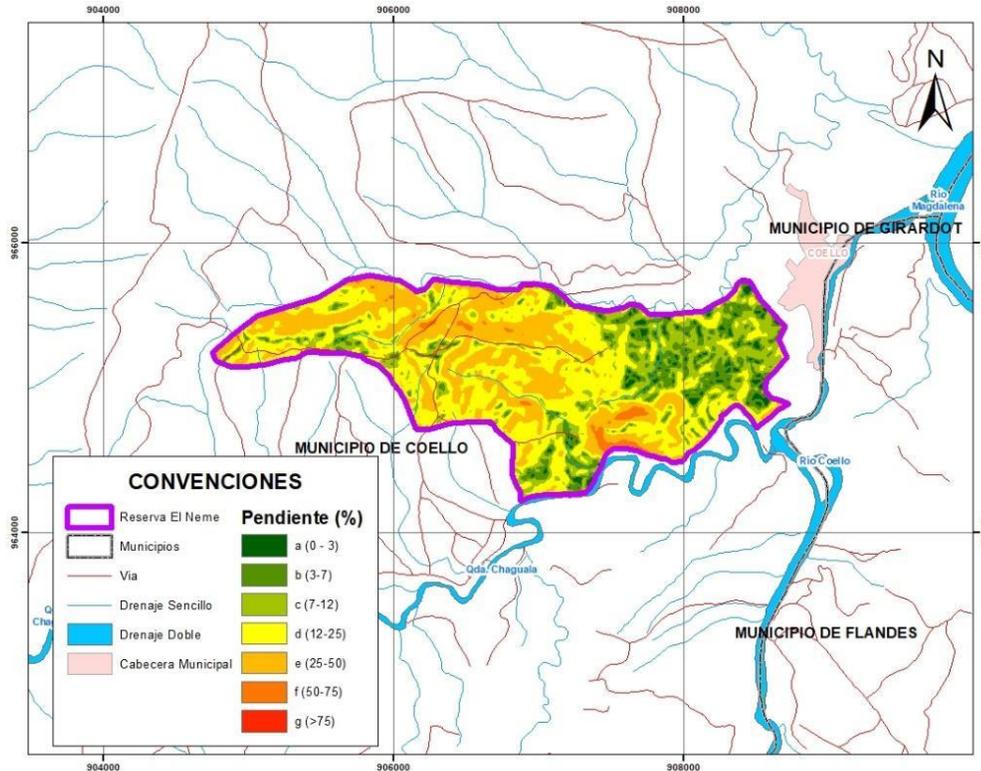


Figura 9. Gráfica de variabilidad de las geoformas del terreno en una región de la reserva el Neme.

### 6.3 PENDIENTES

En la **Figura 10** y **Figura 11** se puede observar que la zona del oeste de la reserva, es el sector que mayor porcentaje de inclinación posee, presentando pendientes d y e, mientras que el lado este de la reserva "El Neme" se encuentran las zonas más planas con pendientes entre los 0 y 25%, lo cual es consistente con lo observado en el perfil topográfico, configurando claramente dos ambientes morfogenéticos, el denudacional y deposicional.



**Figura 10. Modelo de sombras reserva El Neme.**

**Figura 11. Mapa de pendientes reserva El Neme.**

## 6.4 GEOMORFOLOGÍA

El paisaje geográfico del Municipio está determinado por los diferentes accidentes naturales que se observan en toda el área, dando gran variedad de matices que se pueden apreciar a lo largo de las vías de comunicación que lo cruzan. Todas estas formas se conjugan en montañas, cuchillas, cuevas, lomas, valles estrechos, zonas de vega, planicies y terrazas aluviales, (CORTOLIMA, 2011).

Para generar geomorfología del polígono de 131,18 ha del polígono de estudio al interior de la reserva El Neme, se tomó como base el Modelo Digital de Terreno (MDT): MDT ALOS -APALSAR corregido resolución espacial 12,5 m (Año 2001), y la memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000, plancha 245 – Girardot. Con estos insumos se pudo definir la leyenda geomorfológica la cual se presenta en la **Tabla 5**

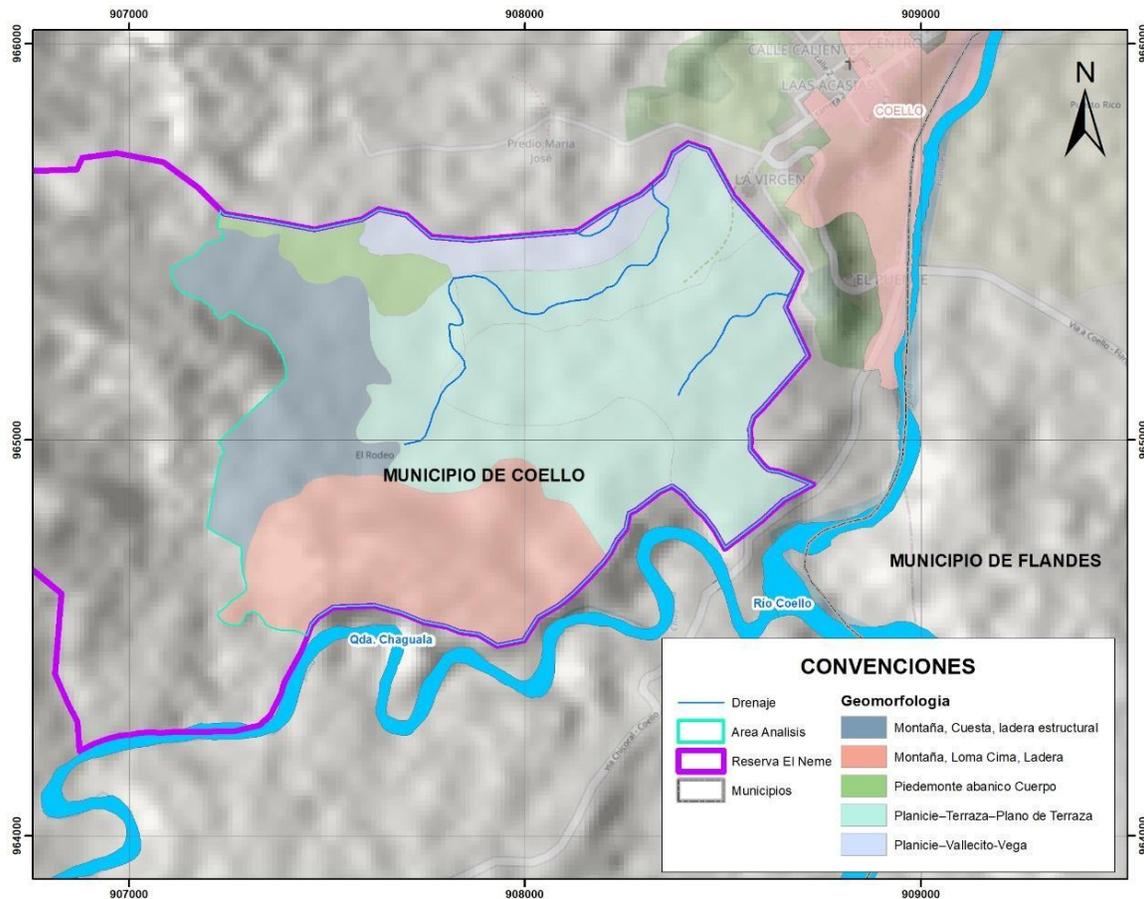


Figura 12. Mapa de Geomorfología de la reserva el Neme.

Tabla 5. Leyenda geomorfología polígono de estudio reserva El Neme

Geoestructura	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Tipo de relieve	Forma del terreno	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Orogénico: Cordillera Central	Estructural	Montaña	Cuesta	Ladera estructural	22,21	16,9
			Loma	Cima Ladera	29,68	22,6
Deposicional	Deposicional	Planicie	Terraza	Plano de Terraza	65,84	50,2
		Planicie	Vallecito	Vega	7,48	5,7
		Piedemonte	Abanico	Cuerpo	3,1	2,4

El principal ambiente morfogenético presente en el área de estudio es el Deposicional con un 60,4 % del terreno, predominando dentro de estas las terrazas en un 65,84 %, este ambiente se encuentra distribuido en el sector centro oriente del polígono y corresponde al área donde se

desarrolla la mayoría de las actividades productivas. Las Cuestas ubicadas en el sector occidental, representa el 16,9 % del área con un total 22,21 ha, y finalmente la loma cima con un área de 29,68 ha, representa el 22,6, estas últimas dos geoformas son usadas en la actualidad como reserva.

#### **6.4.1 Paisaje de Montaña**

El paisaje de montaña se puede definir como una gran elevación natural del terreno que debe tener más de 300 metros de desnivel entre la base y la cima, con respecto al nivel de base regional (IGAC, 2017). Aunque su origen es muy diverso, se asocia principalmente a la acreción de terrenos y a grandes esfuerzos tectónicos producidos en la zona de interacción de las placas que inciden en el territorio colombiano, que generaron el levantamiento de sedimentos marinos y fragmentos de corteza oceánica, el emplazamiento de arcos volcánicos continentales, y grandes intrusiones magmáticas que fueron engrosando y transformando la corteza en los terrenos emergidos (IGAC, 2017).

Dentro del paisaje de montaña en la zona de estudio encontramos dos tipos de relieve que corresponden cuesta y loma.

##### **6.4.1.1 Relieve Cuesta**

El relieve de cuesta corresponde a una estructura de perfil transversal convexo, generalmente asimétrico, configurada por la presencia de dos superficies, la primera denomina revés, que se caracteriza por encontrarse en el sentido del buzamiento de la roca que varía de 1° a 10°; mientras la segunda se denomina frente, este se caracteriza por encontrarse en dirección opuesta al buzamiento de la roca y por presentar una menor longitud respecto al revés (IGAC, 2017); dentro de este relieve en el polígono analizado se encuentra una forma de terreno, denominada ladera estructural, la cual se describe a continuación.

###### **6.4.1.1.1 Forma del terreno: Ladera estructural.**

La forma de terreno encontrado en la zona de estudio corresponde a un escalón de perfil topográfico rectilíneo u ondulado, presenta una longitud de ladera muy corta y pendientes que van desde ligeramente planas hasta moderadamente inclinadas; esta forma de terreno se origina a partir de dos capas de roca dura localizadas en los extremos y una capa de roca blanda localizada en la parte central, la cual es excavada por acción de la escorrentía favoreciendo el desarrollo de la geoforma (IGAC, 2017).

#### **6.4.1.2 Relieve Loma**

El relieve de loma corresponde a una elevación natural de terreno de altura media, de configuración alargada, cimas amplias y redondeadas, cuyas laderas cortas a muy cortas presentan un gradiente de pendiente entre ligeramente plano a escarpado. La red de drenaje varía su patrón en función del tipo de material sobre el cual se desarrolla este tipo de relieve, siendo los patrones de drenaje dendrítico, subdendrítico y subparalelo los más comunes para el paisaje de montaña (IGAC, 2017). Adicionalmente, dentro del relieve de loma de la zona de estudio se encuentran dos formas de terreno las cuales son la cima y la ladera que se describen a continuación.

##### **6.4.1.2.1 Forma del terreno: Cima**

Una de las formas de terreno encontrado en la zona de estudio corresponde a la cima. Las cuales son superficies amplias y alargadas, que comprenden la parte más elevada del relieve de loma. Su pendiente es plana a ligeramente plana y presenta terminaciones en forma convexa (IGAC, 2017).

##### **6.4.1.2.2 Forma del terreno: Ladera**

Es una superficie de terreno inclinada, que corresponde a un flanco del tipo de relieve de loma. Su pendiente es ligeramente plana a escarpada y su longitud es de corta a muy corta. Presenta configuraciones rectilíneas, cóncavas y/o escalonadas (IGAC, 2017).

## **6.4.2 Paisaje de Planicie**

El paisaje de planicie se puede definir como una superficie extensa, plana a ligeramente plana, de posición baja y no confinada, donde varios ríos confluyen en su interior, formando un sistema fluvial complejo donde los cauces divagan sin orden aparente debido a la baja pendiente. Las formas que lo componen son de origen deposicional y están compuestas por sedimentos de origen aluvial, (IGAC 2017). Dentro del paisaje de planicie en la zona de estudio se identificó el tipo de relieve terraza.

### **6.4.2.1 Relieve Terrazas**

El relieve de terraza está formado bajo ambiente morfogenético deposicional en paisaje de planicie. Corresponde a una superficie plana de poca disección, limitada por taludes de tamaño variable dependiendo de la dimensión del cauce. Su desarrollo está determinado por la incisión originada por una corriente de agua sobre la superficie debido a un descenso del nivel de base local, así como por la deposición de sedimentos aluviales sobre los flancos del cauce por la salida del curso de agua en crecientes esporádicas, formando superficies planas y elevadas compuestas por materiales heterogéneos que van desde finos a gruesos incluyendo gravillas y cantos (IGAC, 2017); Además, dentro del relieve de terraza de la zona de estudio se identificó una forma de terreno correspondiente al plano de terraza medio.

#### **6.4.2.1.1 Forma del terreno: Plano de terraza medio**

Esta forma de terreno es una superficie continua de topografía plana, de gran extensión, localizada adyacente a la vega y con pendientes ligeramente planas. Su desarrollo se da por la acumulación discontinua de materiales de manera longitudinal por acción del río (IGAC, 2017).

### **6.4.2.2 Relieve Vallecito**

Este relieve está formado en un ambiente morfogenético deposicional en paisaje de altiplanicie, que corresponde a una incisión alargada y estrecha, que tiene como eje una pequeña corriente de agua que se encuentra intercalada entre dos áreas de relieve más alto. Solo alcanza a desarrollar vegas por donde transcurren las corrientes de agua. Frecuentemente recibe aportes laterales de materiales de tipo coluvio-aluvial, los cuales deposita en sentido longitudinal (IGAC, 2017); En el área de estudio se encontró una forma de terreno asociada a este relieve denominada vega.

#### **6.4.2.2.1 Forma del terreno: Vega.**

La vega es una superficie de terreno más baja del valle estrecho, corresponde a una zona que es periódicamente ocupada por el curso del río, que cede y recibe aluviones por acción del ascenso y descenso del cauce y con pendientes que van de ligeramente planas a fuertemente inclinadas (IGAC, 2017).

### **6.4.3 Paisaje de Piedemonte**

Este paisaje se define como una superficie terrestre inclinada, que se extiende al pie de sistemas montañosos y serranías, y que se compone por sedimentos transportados por ríos que drenan los relieves de mayor altitud y los depositan sobre relieves más bajos. Esta depositación se presenta por la pérdida de capacidad de transporte de un río ante un cambio abrupto de pendiente, lo que obliga a la corriente a explayar su carga de sedimentos a través de desbordes (IGAC 2017). Dentro del paisaje de piedemonte del área de estudio se encuentra un tipo de relieve correspondiente al abanico.

#### **6.4.3.1 Relieve Abanico**

Este tipo de relieve que se encuentra presente en ambientes deposicionales dentro del paisaje de piedemonte. Se despliega en forma triangular con contorno arqueado; es decir, que presenta

una zona estrecha en su parte alta, la cual se va ampliando de forma semiradial a medida que disminuye en altura, presentando perfiles cóncavos en sentido longitudinal, y convexos en sentido transversal (IGAC, 2017). Dentro del relieve de abanico de la zona en la cual se trabajó se encontraron una forma de terreno asociada a este relieve y corresponden al cuerpo.

#### 6.4.3.1.1 Forma del terreno: Cuerpo

El cuerpo del abanico se ubica entre el ápice y la zona más alejada. En un modelo ideal contiene mayor proporción de materiales medios, con menores proporciones de gruesos y finos, y su capacidad de infiltración es menor que en el ápice. En esta zona surgen los drenajes procedentes del agua infiltrada en el ápice (IGAC, 2017).

## 6.5 ORGANISMOS

El suelo es un compartimento ambiental que presenta una influencia en el establecimiento y surgimiento de diferentes de especies, tanto vegetales, como de mesofauna (lombrices, artrópodos, entre otros) y microorganismos (hongos, algunos invertebrados, bacterias, entre otros). Estos, mediante su actuar contribuyen al desarrollo de procesos ecosistémicos, como la descomposición, mineralización y reciclamiento de materia orgánica e intermediarios de los ciclos biogeoquímicos (Rodríguez-Echeverría, 2009)

### 6.5.1 Flora

La cobertura de un suelo hace referencia a las cualidades físicas y geológicas que permiten que, en determinadas áreas de terreno, se establezcan una gran diversidad de plantas y sistemas productivos (Cárdenas, 2012). También, hace referencia a los demás elementos que cubren su superficie, ya sea natural (cuerpos de agua) o artificial (construcciones).

Según la Agenda Ambiental del municipio de Coello, este presenta las siguientes coberturas: Cultivos Anuales y Transitorios, Cultivos semipermanentes y permanentes, Mosaico de Cultivos, Pastos y espacios manejados, Pastos Manejados, Pastos Naturales, Pastos con Rastrojos,

Pastos Arbolados, Rastrojo, Arbustos y Matorrales, Afloramientos Rocosos, tal como se muestra en la figura 13.

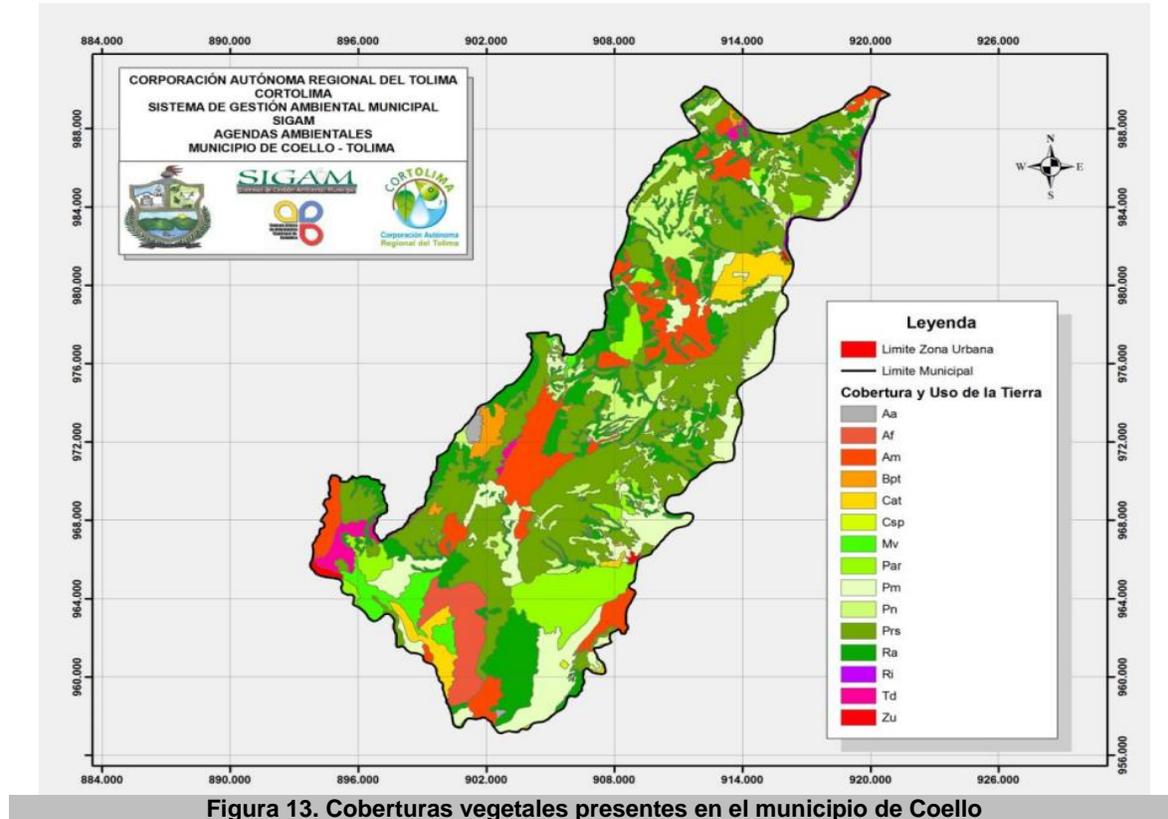


Figura 13. Distribución de las coberturas vegetales en el municipio de Coello. Cultivos Anuales y Transitorios (**Cat**), Cultivos semipermanentes y permanentes (**Csp**), Mosaico de Cultivos, Pastos y espacios manejados (**Mv**), Pastos Manejados (**Pm**), Pastos Naturales (**Pn**), Pastos con Rastrojos (**Prs**), Pastos Arbolados (**Par**), Rastrojo (**Ra**), Arbustos y Matorrales (**Am**), Afloramientos Rocosos (**Af**), Áreas abiertas o con poca vegetación (**Aa**), Tierras degradadas (**Td**), Bosque Protector (**Bpt**), Zona Urbana (**Zu**) Ríos (**Ri**), Zona sin Identificación (**NI**). Fuente: Imagen tomada de la Agenda ambiental de Coello (2011).

### **6.5.2 Vegetación**

De acuerdo a la clasificación de Holdridge, todo el municipio de Coello se encuentra en una formación semiárida identificada como Bosque Seco Tropical (BST). Allí, la expansión agrícola y la ganadería extensiva han contribuido al deterioro de esta cobertura vegetal, quedando el BST reducido a pequeñas áreas aisladas de bosque secundario, localizadas en las microcuencas de algunas quebradas (CORTOLIMA, 2011). Esto último, se ve evidenciado en la reserva “El Neme”, como consecuencia de su vocación agrícola y ganadera.

### **6.5.3 Bosque seco Tropical (bs-T)**

En el Municipio, este ecosistema está altamente intervenido por las actividades agropecuarias que allí se realizan, como: ganadería y agricultura (particularmente asociada a cultivos de arroz, algodón, sorgo, yuca, maíz, maní, plátano), que han dejado evidencias de la cobertura vegetal original. Esta, se representa en pequeños parches ubicados en los márgenes y nacimientos de algunas quebradas como por ejemplo las riberas de los ríos: Coello, Magdalena, Gualanday, Castañala, y Chaguala. La pérdida de cobertura vegetal se ha relacionado con efectos negativos en la estabilidad del terreno y en los hábitats de la fauna silvestre (CORTOLIMA, 2011).

## **6.6 FAUNA**

Las extensiones de cobertura vegetal nativa se han venido perdiendo a causa de la expansión agrícola y la ganadería extensiva. Esto, conlleva a que diferentes especies no cumplan su ciclo vital en el que se incluyen actividades de proliferación y alimentación en sus hábitats. En consecuencia, las especies tienden a emigrar, poniéndose en una situación de vulnerabilidad que dificulta su conservación.

En el levantamiento de la línea base del POMCA del Río Coello (CORTOLIMA, 2011), se identificaron algunas especies observadas en la Cuenca del Río Coello. A continuación, se enuncian las más importantes.

### 6.6.1 Invertebrados

Dentro los invertebrados del suelo se registraron mesoorganismos y microorganismos de diferentes hábitos alimenticios (fitófagos, saprófagos, detritívoros, carnívoros, herbívoros, entre otros). La diversidad de estos organismos depende de la variedad de microhábitats, que generalmente está asociada a la estructura y consistencia del suelo. Se resalta la importancia de que exista adición de capas de materia orgánica, con agregados de hojarasca adyacente, madera, plantas, entre otros (Moreira *et al*, 2012; Pashanasi-Amasifuen, 2001).

Adicionalmente, se considera que en las zonas donde se presenta más variabilidad de plantas herbáceas y arbustivas, es menor la evapotranspiración. Por otro lado, cuando en la zona prevalece el bosque seco tropical, se suele encontrar una mayor variedad de organismos sobre y en el suelo. Esto se debe a que hay menos pérdida de humedad, y también a que hay diferentes aportes de materia orgánica. Esto último, permite la alimentación de organismos tanto fitófagos y saprófagos, detritívoros y similares. El corte o la trituración de la materia orgánica causada por estos, facilita su descomposición y permite su incorporación en los horizontes del suelo. En consecuencia, se promueve la inclusión de minerales y componentes degradados en mezclas que contienen fracciones de limos y arcillas. Dentro de los grupos más representativos de trituradores se encuentran: formicidae (hormigas), escarabajos, ciempiés, milpiés, lombrices, entre otros, conocidos como especies epigeas. Su actividad, promueve no sólo la aireación del suelo (lo que cataliza la descomposición de la materia orgánica y la infiltración de agua), sino también, la redistribución de los componentes de origen vegetal o de otros organismos dentro del perfil y en diferentes áreas. Esto es llevado a cabo por las denominadas especies anécicas (Moreira *et al*, 2012; Pashanasi-Amasifuen, 2001).

Por otro lado, existen organismos como los saprófitos, detritívoros y similares, que viven en el suelo y se alimentan de materia orgánica y raíces muertas. Estos toman el material orgánico y lo mineralizan y se les conoce como especies endógenas (Moreira *et al.*, 2012).

Los estudios de los micro, meso y macroorganismos del suelo presentan una relación con procesos físicos, químicos y biológicos, donde su diversidad presencia o no de algunos grupos

taxonómicos pueden usarse como indicadores del funcionamiento del suelo, donde se tiene en cuenta el comportamiento de la abundancia y diversidad de los taxones, densidad, biomasa y composición funcional, que permiten dar mayor información sobre el estado del suelo, que actividades se pueden desarrollar y su manejo (Cabrera, 2012). Para este estudio se tienen en cuenta cualitativamente los organismos del suelo debido a los alcances en términos de tiempo. Según AMC (2011), en la zona de estudio se registran los grupos taxonómicos de invertebrados y vertebrados expuestos en la **Tabla 6 y 7**. Adicionalmente, se expone las especies que han registrado en Coello (AMC, 2011), donde presentan aparentemente 5 órdenes de insectos principalmente y posiblemente se puedan encontrar algunas zonas de la Reserva El Neme, dado que los otros ordenes están más asociados a cuerpos de agua. Es probable que se encuentre taxones de formicidos, lombrices y ciempiés, dado que se encuentran en diferentes ecosistemas naturales y modificados terrestres, como en el bosque seco tropical.

**Tabla 6. Grupos taxonómicos presentes en AMC (2011) de invertebrados en Coello.**

Orden	Suborden	Familia(s)
Coleoptera: Cucarrones	Polyphaga	Hydrophilidae, Chrysomelidae.
Diptera: Moscas, mosquitos.	Orthorrhapha	Chironomidae, Simuliidae, Tipulidae, Psychodidae, Ceratopogonidae, Tabanidae.
	Cyclorrapha	Musidae
Hemiptera: Chinchas, pulgones, chicharras.		Belostomatidae, Naucoridae, Gerridae, Veliidae, Nepidae, Notonectidae
Trichoptera: Tricópteros, frigáneas	Annulipalpia	Philopotamidae, Polycentropodidae
	Integripalpia	Calamoceratidae, Helicopsychidae, Leptoceridae.
	Spicipalpia	Hydroptilidae
Lepidopteros: Mariposas, polillas.		Nymphalidae, Hesperidae, Lycaenidae, Melitaeinae, Morphinae, Papilionidae, Pieridae, Riodinidae.

## 6.6.2 Vertebrados

Al igual que los invertebrados, la diversidad de estos organismos depende de la disponibilidad de recursos y la disposición de diversidad de hábitats. Estos suelen ser referenciados como indicadores biológicos con base en la siguiente correlación: a mayor diversidad de vertebrados, menor perturbación en bosques y ecosistemas naturales. En consecuencia, con mayor diversidad habría menos evapotranspiración en el suelo, mayores aportes de materia orgánica

(debido menor variabilidad en los fotoperíodos). Además, habría menor pérdida de humedad, y disminuirían los cambios drásticos de temperatura. Por otro lado, habría un mejor ciclaje de nutrientes, permitiendo una red trófica más dinámica, lo que promovería la conservación de comunidades ecológicas (García y Cabrera-Reyes, 2008).

Normalmente, los grupos que se usan como referentes tanto para valoraciones cualitativas como cuantitativas, son: las aves, herpetos y mamíferos. Las Aves son organismos que dispersan semillas, son polinizadores y controladores de plagas. Estos vertebrados, permiten comprender las comunidades, definir el ecosistema en el que se encuentra, determinar los cambios en hábitats sensibles a perturbaciones, y además pueden ser usados como indicadores ambientales (Osorio, 2019).

Los herpetos, que incluye tanto reptiles como anuros (ranas y sapos), presentan relaciones de tendencias espaciales. Esto debido a que están asociados a las fluctuaciones estacionales medioambientales, pues suelen estar limitados por la extensión de una cobertura y la disponibilidad del agua dado a sus características biológicas. Siendo menos estacionales los reptiles, dado que su piel no depende del grado de humedad ambiental ni la asociación a cuerpos de agua (García y Cabrera-Reyes, 2008).

Los mamíferos, al igual que las aves, presentan diferentes hábitos alimentación, a su vez, también requieren variabilidad en sus hábitats. Presentan diferentes tamaños, desde unos pocos centímetros a valores grandes en metros, y su presencia está condicionada, generalmente, a la disponibilidad de suministro de alimento y agua. Principalmente se usan como referentes para determinar la fragmentación de ecosistemas, al asociarse esta problemática con su diversidad o con el grupo biológico presente (Cruz-Lara *et al.*, 2004).

En Coello se ha presentado una gran variedad de órdenes y especies asociadas a tres grupos taxonómicos de vertebrados: anuros, aves y mamíferos voladores. En particular, en la zona de estudio se esperaría encontrar baja variabilidad de vertebrados, dado que es una zona intervenida, aunque posee especies arbóreas de plantas.

**Tabla 7. Grupos taxonómicos presentes en AMC (2011) de vertebrados en Coello.**

Grupo Taxonómico	Orden	Familia	Especies
Herpetos: Ranas, anfibios, reptiles.	Anura: Ranas, sapos.	Bufonidae, Dendrobatidae, Hylidae, Leptodactylidae.	<i>Bufo granulosus</i> , <i>Bufo marinus</i> , <i>Colostethus palmatus</i> , <i>Dendrobates truncatus</i> , <i>Hyla crepitans</i> , <i>Hyla microcephala</i> , <i>Scinax ruber</i> , <i>Leptodactylus fragilis</i> , <i>Leptodactylus labialis</i> , <i>Leptodactylus fuscus</i> , <i>Physalaemus pustulosus</i> ,
	Squamata: Lagartos, iguanas.	Gekkonidae, Gymnophthalmidae, Teiidae	<i>Gonatodes albugularis</i> , <i>Thecadactylus rapicauda</i> , <i>Gymnophthalmus speciosus</i> , <i>Ameiva festiva</i> .
	Testudine: Tortugas.	Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i> .
	Testudines: Tortugas o quelonios.	Podocnemididae	<i>Podocnemis lewyana</i> .
Aves	Ciconiiformes: Cigüeñas, garzas, ibis.	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>
	Falconiformes: Aves rapaces diurnas, halcones	Cathartidae, Accipitridae, Falconidae.	<i>Cathartes aura</i> , <i>Coragyps atratus</i> , <i>Buteo magnirostris</i> , <i>Milvago chimachima</i> , <i>Falco sparverius</i> ,
	Galliformes: Gallináceas	Cracidae, Phasianidae	<i>Ortalis motmot</i> , <i>Colinus cristatus</i> .
	Gruiformes: Grullas, rascones, gallinuelas.	Rallidae	<i>Aramides cajanea</i> .
	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i> .
	Columbiformes	Columbidae	<i>Claravis pretiosa</i> , <i>Columbina passerina</i> , <i>Columbina talpacoti</i> , <i>Leptotila verreauxi</i> , <i>Zenaida auriculata</i>
	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Forpus conspicillatus</i> , <i>Forpus conspicillatus</i> , <i>Aratinga wagleri</i> .
	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i> , <i>Crotophaga major</i> , <i>Playa cayana</i> , <i>Tapera naevia</i> .
	Caprimulgiformes	Nyctibiidae, Caprimulgidae	<i>Nyctibius griseus</i> , <i>Chordeiles acutipennis</i> .
	Apodiformes	Trochilidae	<i>Chalybura buffonii</i> , <i>Phaetornis anthophilus</i> .
	Coraciiformes	Alcedinidae, Momotidae	<i>Chloroceryle amazona</i> , <i>Chloroceryle americana</i> , <i>Momotus momota</i> ,
	Piciformes	Bucconidae	<i>Nystalus radiatus</i> .
Galbulidae		<i>Galbula ruficauda</i> .	
Picidae		<i>Melanerpes rubricapillus</i> , <i>Picumnus olivaceus</i> , : <i>Veniliornis kirkii</i> .	

	Passeriformes	Dendrocolaptidae, Formicariidae, Pipridae, Tyrannidae, Corvidae, Troglodytidae, Mimidae, Troglodytidae, Sylviidae, Turdidae, Fringillidae, Vireonidae, Parulidae, Coerebidae, Thraupidae, Fringillidae	<i>Campylorhamphus trochilrostris</i> , <i>Formicivora grisea</i> , <i>Mymeciza longipes</i> , <i>Thamnophilus doliatus</i> , <i>Camptostoma obsoletum</i> , <i>Mionectes oleagineus</i> , <i>Elaenia flavogaster</i> , <i>Megarynchus pitangua</i> , <i>Manacus manacus</i> , <i>Cyanocorax affinis</i> , <i>Campylorhynchus griseus</i> , <i>Mimus gilvus</i> , <i>Thryothorus fasciatoventris</i> , <i>Troglodytes aedon</i> , <i>Poliophtila plumbea</i> , <i>Catharus ustulatus</i> , <i>Turdus ignobilis</i> , <i>Volatinia jacarina</i> , <i>Hylophilus flavipes rastrojero</i> , <i>Basileuterus fulvicauda</i> , <i>Basileuterus rufifrons</i> , <i>Dendroica petechia</i> , <i>Parula pitiayumi</i> , <i>Coereba flaveola</i> , <i>Eucometis penicillata</i> , <i>Euphonia concinna</i> , <i>Euphonia laniirostris</i> , <i>Ramphocelus dimidiatus</i> , <i>Tachyphonus luctuosus</i> , <i>Tangara vitriolina</i> , <i>Thraupis episcopus</i> , <i>Thraupis palmarum</i> , <i>Schistochlamys melanopsis</i> , <i>Arremon aurantirostris</i> , <i>Arremonops conirostris</i> , <i>Coryphospingus pileatus</i> , <i>Saltator albicollis</i> , <i>Saltator maximus</i> , <i>Saltator corelescens</i> , <i>Sicalis flaveola</i> , <i>Spinus saltria</i> , <i>Sporophila minuta</i> , <i>Sporophila nigricollis</i> , <i>Sporophila schistacea</i> , <i>Tiaris bicolor</i> , <i>Tiaris obscura</i> .
Mamíferos voladores	Quirópteros: Murciélagos, "vampiros".	Phyllostomidae, Mormoopidae, Vespertilionidae, Emballonuridae	<i>Artibeus jamaicensis</i> , : <i>Artibeus cf. anderseni</i> , <i>Artibeus phaeotis</i> , <i>Carollia brevicauda</i> , <i>Carollia castanea</i> , <i>Carollia perspicillata</i> , <i>Desmodus rotundus</i> , <i>Phyllostomus discolor</i> , <i>Phyllostomus hastatus</i> , <i>Sturnira erythromus</i> , <i>Sturnira lilium</i> , <i>Sturnira luisi</i> , <i>Uroderma bilobatum</i> , <i>Platyrrhinus helleri</i> , <i>Pteronotus parnellii</i> , <i>Myotis nigricans</i> , <i>Saccopteryx bilineata</i>

## 6.7 CLIMA

Según la clasificación climática de CALDAS LANG, el municipio de Coello presenta un sólo tipo de clima, el cual corresponde a cálido seco. De acuerdo con la clasificación de Holdridge, las condiciones climáticas, edáficas y ecológicas corresponden a una misma formación vegetal característica de bosque seco tropical, perteneciente a la provincia subhúmeda es decir seco sin exceso de agua, cálido, con régimen estable de calor.

Con base en la información del IDEAM, se tiene que los valores de precipitación oscilan entre 0,0 mm y 763 mm aproximadamente, con valores promedio acumulados anuales de 1.466 mm, variando estos en los últimos años. El régimen de lluvias es bimodal, con dos épocas bien marcadas: en el primer semestre los meses de marzo, abril y mayo, y en el segundo semestre

los meses de septiembre, octubre y noviembre. Los demás meses son de tiempo seco, siendo el que presenta un mayor índice de sequía el mes de agosto.

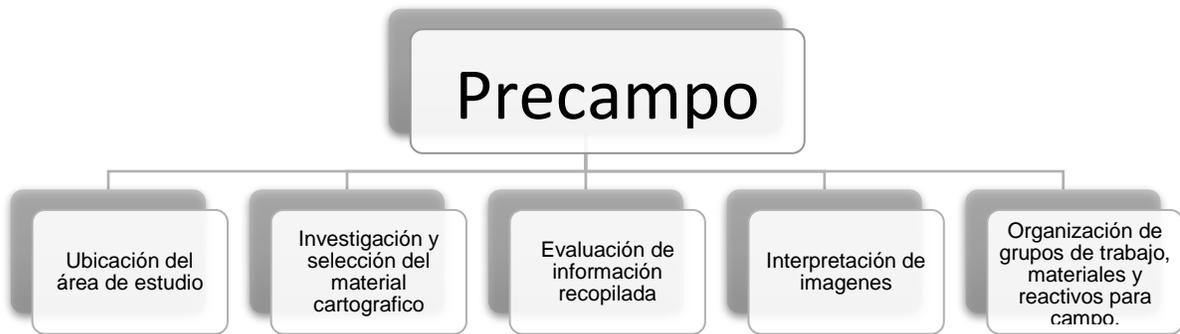
Sobre los valores totales mensuales de humedad relativa media está en el rango comprendido entre 44% y 82%, con un promedio histórico de 70%. Sobre los valores totales mensuales de brillo solar se reportan 116,8 horas mínimas de brillo y 228,7 horas máximo, con un acumulado de 2.095,4 horas anuales, con respecto a un total de 4.745 horas de luz anuales, lo anterior siendo un factor importante para el crecimiento y desarrollo de los diferentes cultivos y determinante en el contenido de grados Brix (% de sólidos solubles) en las frutas. Los valores de temperatura media registrados en el municipio van desde 25,3°C hasta 31° C, con un valor medio histórico de 28°C.

## **7 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del Levantamiento de caracterización agrológica de los suelos de la reserva El Neme, se tuvo en cuenta las especificaciones expuestas en el manual de procedimientos de la Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2017), así como también lo estipula la Resolución 1575 de 2016. Esta metodología divide el trabajo en tres fases, las cuales son explicadas a continuación.

### **7.1 PRECAMPO**

Esta fase consistió en la búsqueda, preparación, actualización y análisis de la información secundaria recopilada de la zona, asimismo se definió la estrategia de trabajo para la toma de datos en campo. Como parte de la fase de preparación de trabajo se desarrollaron las siguientes actividades sobre la zona de estudio (**Figura 14**), descritas a continuación:



**Figura 14. Diagrama de procedimientos del Precampo.**

- *Ubicación del área de estudio:* La finca el Neme, ubicada en el municipio de Coello Tolima, posee un área total de 360 hectáreas, de las cuales 131.18 ha fueron el objeto de estudio.
- *Investigación y selección del material cartográfico:* La información secundaria recopilada para el desarrollo del proyecto fue el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras departamento del Tolima, Escala 1:100.000, IGAC; Cartografía Básica: Plancha Digital 245-III-D Escala 1:25.000, IGAC la cual permitió hacer una aproximación a los suelos presentes en el área de estudio; además de ello se tomó Modelo Digital de Terreno (MDT): MDT ALOS -APALSAR corregido resolución espacial 12,5 m, Año 2001, del cual se obtuvieron los modelos de sombras y las pendientes, con los cuales se delimitaron las líneas de geomorfología para ubicar las observaciones en campo.

También fueron usados como insumo para el análisis del área, el mapa geológico de Colombia plancha 245 Girardot Escala 1:100.000, Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS, 2002; asimismo la Información Geomorfológica, obtenida de la "memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 245 – Girardot, convenio especial de cooperación no. 15 de 2017 SGC – UPTC Servicio Geológico Colombiano, Sogamoso, septiembre de 2018.

- *Evaluación de información recopilada:* La búsqueda de información secundaria de material bibliográfico se realizó del IGAC y otras entidades que tenían información de

interés. A partir de los estudios recopilados y transformados, se obtuvo información complementaria de suelos, zonas adyacentes, tanto la descripción de perfiles reportados como la información de Unidades Cartográficas de suelos (UCS), entre estos se encuentran:

- ✓ Suelos Colombianos. Una mirada desde la academia. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
  - ✓ POMCA del municipio de Coello Tolima.
  - ✓ Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Tolima.
  - ✓ Plan de ordenamiento territorial del municipio de Coello.
  - ✓ Manual de procedimiento, Información de clases agrológicas. Grupo interno de trabajo de levantamiento de suelos y aplicaciones agrológicas.
  - ✓ Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (pp. 2 - 25). Ginebra: Naciones Unidas.
- 
- *Interpretación de imágenes: Por medio del análisis de las imágenes se seleccionó y delimitó el área de investigación para el levantamiento de los datos de suelos en campo; esto se hizo teniendo en cuenta tanto las necesidades de información agrológica que precisa la reserva, las facilidades de acceso a los puntos de muestreo y el polígono máximo de 131.18 ha definido para la evaluación.*

El análisis de las imágenes ayudó a conocer información relacionada con coberturas vegetales, permitió afinar las líneas geomorfológicas y en general afinar la estrategia de campo.

- *Organización de grupos de trabajo, materiales y reactivos para campo: El equipo de trabajo estuvo conformado por 6 estudiantes de la especialización, dos profesoras que asesoraron todo el proceso y dos ayudantes de campo (obreros). Para el abordaje de las áreas de muestreo se dividió el equipo en dos grupos, a cada uno dotado de los materiales y reactivos necesarios para realizar los respectivos análisis de cada cajuela, las*

herramientas usadas durante el trabajo fueron, barrenos, palines, picas, palas, baldes, cintas métricas, cámaras y GPS Garmin MAP64S, además de formatos para el registro de observaciones y rótulos para la identificación de las muestras. En cuanto a reactivos químicos para las pruebas en campo se usó el Método de Hellige-Troug para pH del suelo, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para materia orgánica, HCl 10% para identificar presencia de carbonatos y el Método Fieldes y Perrot (Papel filtro con fenolftaleína + NaF al 10%) para identificar presencia de ceniza volcánica, adicionalmente, se usó tabla Munsell para la descripción de color y la taxonomía de suelos de la USDA 2014.

## 7.2 CAMPO

Para la fase de campo se desarrolló el reconocimiento y muestreo de los suelos de la Reserva El Neme, basándose en la metodología de Levantamiento de suelos de la subdirección de Agrología del IGAC (IGAC, 2017) (Figura 15), que se describe a continuación.

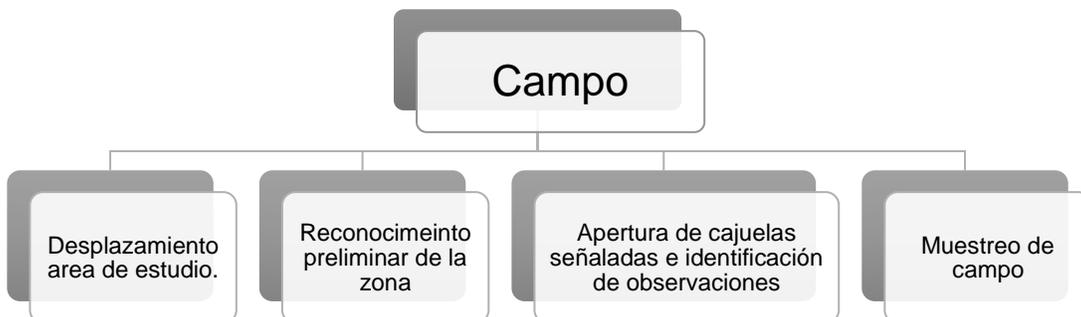


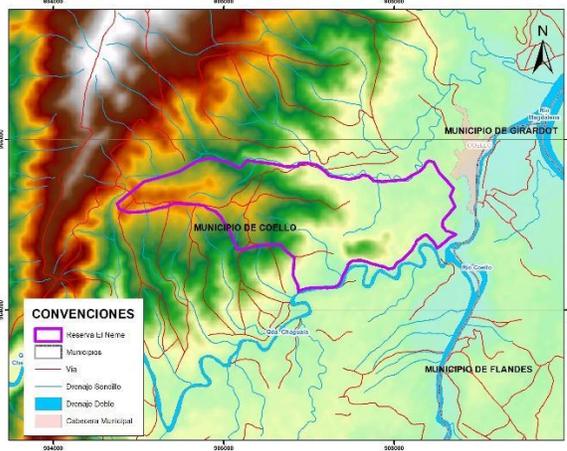
Figura 15. Diagrama de procedimientos del Campo

- *Reconocimiento de suelos:* El reconocimiento de campo se realizó mediante observaciones de identificación (cajuelas) utilizando la técnica de red rígida. Durante este reconocimiento se tomaron puntos de control que ayudaron a ajustar los límites de las líneas de geomorfología.

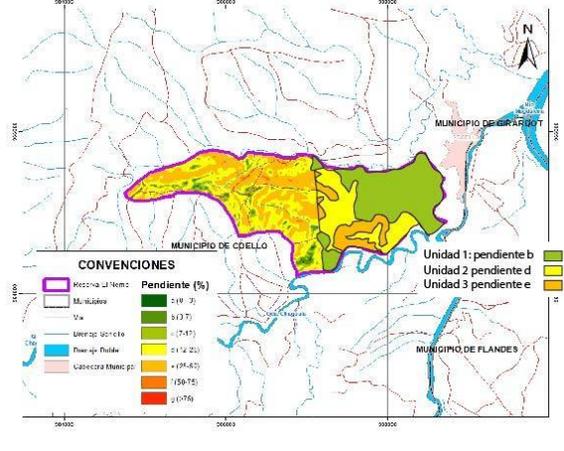
En terreno se realizó un reconocimiento y recorrido del área de trabajo con el fin de ubicar hitos importantes del paisaje, reconocer las formas del terreno y entender los ambientes edafogénicos presentes en la reserva El Neme. Este alistamiento previo permitió unificar

conceptos de paisajes, tipos de relieve, formas del terreno, clima ambiental y material parental, para garantizar uniformidad en la toma de los datos.

- *Ubicación y Apertura de cajuelas:* La distribución de las cajuelas se hizo con base en polígonos generados a partir del mapa de pendientes, el cual permitió delimitar 6 niveles de pendiente (a – b – c – d – e – f), que fueron agrupados en 3 polígonos conformados así: el polígono 1 por las pendientes a y b el polígono dos por las c y d y el polígono 3 por las pendientes e y f **Figura 16** y **Figura 17**.



**Figura 16.** Mapa de pendientes a partir del MDT



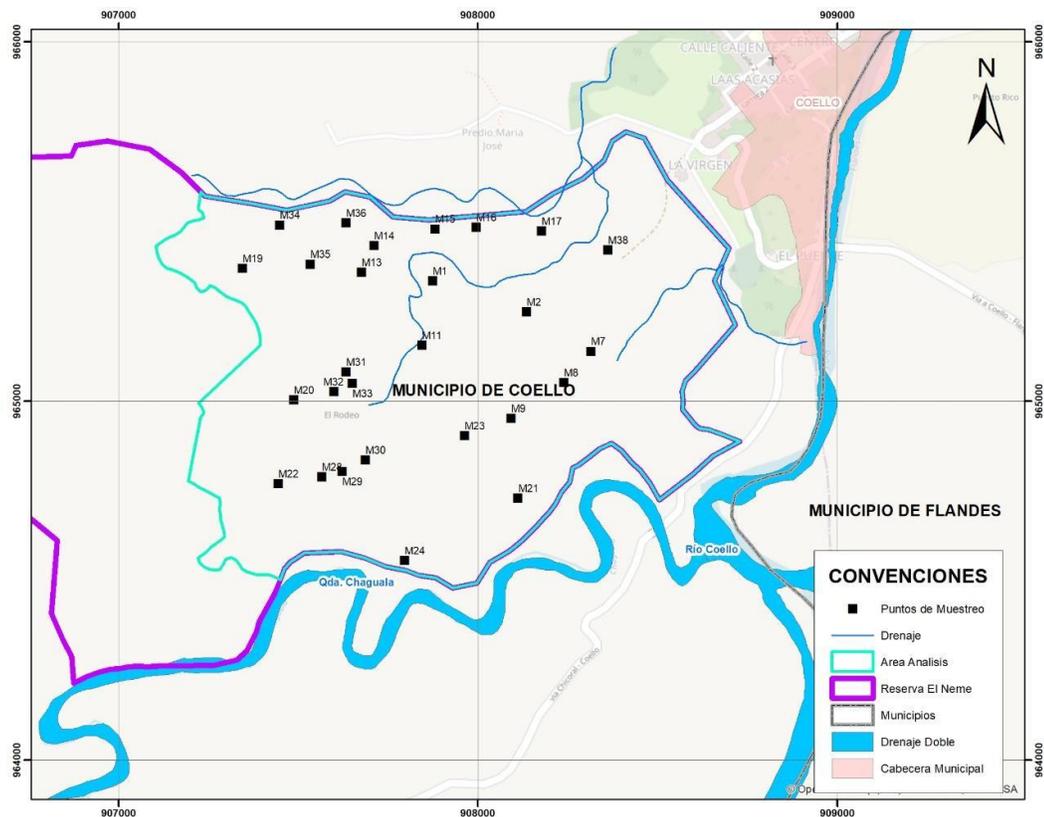
**Figura 17.** Distribución de pendientes en las 131.18 ha de análisis de la reserva El Neme

Los puntos de muestreo de las Cajuelas fueron seleccionados preliminarmente en oficina y ubicados en campo mediante el uso de navegador GPS, donde se corroboró que en el punto no se presentaran alteraciones como zanjas, excavaciones acumulaciones de suelo, cercas o algún tipo de edificaciones para garantizar que los horizontes de suelo no se encuentren disturbados.

Se procedió a excavar las cajuelas, las cuales son excavaciones cuadradas de 50 cm largo x 50 cm de ancho y con profundidad de 50 cm, la cual es suficiente para observar el Solum. Alcanzados los 50 cm, la observación se complementó hasta 120 cm o más con la ayuda del barreno, esto cuando el terreno lo permitió. Cada cajuela se registró en formatos de campo diseñados para tal fin, los cuales fueron digitalizados posteriormente en base de datos.

Se realizó la toma de muestras en horizontes A en una profundidad de 30 cm de suelo para evaluación de carbono orgánico y finalmente se registró fotográficamente el proceso y se realizó la clasificación taxonómica preliminar, con base a la Soil Taxonomy (2014), con el fin de identificar posteriormente el perfil modal de cada UCS.

En total se realizaron 27 cajuelas distribuidas en los paisajes de montaña (11), piedemonte (3) y planicie (13), tal como se observa en la **Figura 18**.

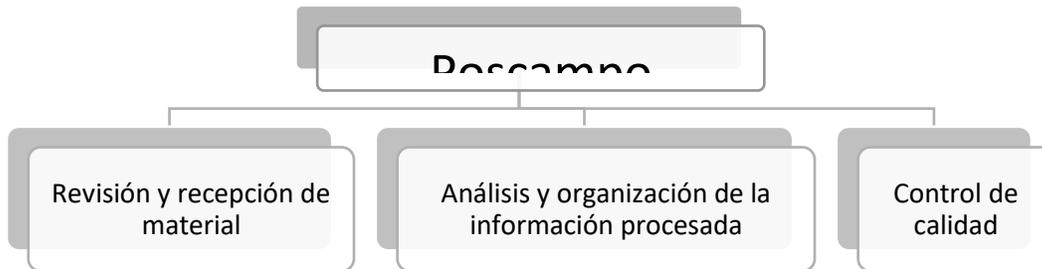


**Figura 18 Distribución de las cajuelas en las 131,18 ha de la reserva El Neme**

### 7.3 POSCAMPO

Esta fase incluye toda la revisión y análisis de los datos recolectados en la ejecución de las cajuelas y tuvo como finalidad establecer los perfiles modales para proponer los puntos de

comprobación mediante calicata. A continuación, se describen las fases implementadas en la fase poscampo **Figura 19**.



**Figura 19 Diagrama de procedimientos del Poscampo.**

- *Recepción y revisión de materiales recolectados:* En esta fase se desarrolló la organización y procesamiento de la información obtenida en campo, se hizo el inventario y registro de las muestras obtenidas y se enviaron para análisis de contenido de carbono orgánico. Adicionalmente, se ajustaron las líneas de geomorfología y completo la leyenda de suelos y la cartografía temática y memoria técnica.
- *Análisis y organización de la información:* las muestras de suelo recolectadas para análisis del contenido de carbono orgánico fueron analizadas por el centro de Bio-Sistemas Alberto Lozano Simonelli de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Con la información obtenida se generó al mapa de distribución de carbono orgánico, a partir del método de interpolación IDW.

Finalmente, se analizaron los resultados de las observaciones de cajuela y se generó la propuesta de perfiles modales y el mapa preliminar de unidades cartográficas de suelo (UCS).

Para la identificación de las unidades cartográficas de suelos se estableció una nomenclatura consistente en el uso de cinco letras mayúsculas que representan en su orden el ambiente morfogenético en el cual se encuentra la unidad, el clima y dos letras arbitrarias que representa el contenido pedológico y una última letra que representa la familia textural, adicionalmente se incluye un subíndice alfabético en minúscula que indica

el grado de pendiente dominante que se encuentran en cada una de las unidades cartográficas de suelos **Tabla 7**.

**Tabla 7. Nomenclatura unidades cartográficas de suelos**

SÍMBOLOS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS	DESCRIPCIÓN
<b>Letra Mayúscula empleada para el Paisaje</b>	
M	Montaña
V	Planicie
<b>Letra Mayúscula empleada para clima</b>	
W	Cálido seco
<b>Letra Mayúscula empleada para suelos</b>	
LU	Lithic Ustorthents
TU	Typic Ustorthents
THP	Typic Haplustepts
EH	Entic Haplustolls
TH	Typic Haplustolls
TC	Typic Calcistolls
<b>Letra Mayúscula empleada para familia textural</b>	
F	Franco
A	Arena
<b>Letra minúscula empleadas para las fases de pendientes</b>	
D	Pendiente 12-25 %, Ligeramente inclinada
E	Pendiente 25-50 %, Ligeramente escarpada

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología. 2010

## 8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el área de estudio fueron categorizados en los siguientes aspectos: taxonomía, unidades cartográficas, distribución de carbono orgánico y propuesta para la ubicación de calicatas.

### 8.1 TAXONOMÍA

En la reserva “El Neme” se identificaron 6 unidades cartográficas de suelo, la descripción de cada componente taxonómico que las integra se basó en los criterios establecidos por el soil taxonomy staff (2014). El ejercicio de clasificación taxonómica se llevó hasta el nivel de familia, basado en tamaño de partícula y temperatura. Los suelos identificados pertenecen a 3 órdenes a saber, Entisoles, Molisoles e Inceptisoles.

### 8.1.1 Entisoles

Este orden se encuentra localizado en el área de estudio denominado paisajes de montaña y planicie. Este suelo se encontró en partes menos evolucionadas de la reserva, además, los horizontes diagnósticos fueron Ócrico sobre horizonte C o material parental, se evidencio en la gran mayoría de los casos en sitios donde la pendiente clasificaba mayor a "d", con una textura franco-arcillosa, por ende, la retención de agua es baja y su permeabilidad es media, la estructura fue bloques subangulares finos. Además, que el pH encontrado es este orden fueron menores a 7. Por último, los subórdenes y gran grupo encontrados en la reserva fue solo uno denominado Ustorhents.

#### 8.1.1.1 Ustorhents.

Este suelo presenta un incipiente desarrollo pedogenetico,cumple con los minismos requisitos para clasificarse en el orden taxonómico de entisol y se ha originado bajo un régimen ústico, por lo que se clasifica en el gran grupo de los Ustorhents. Otro elemento que se evidenció en este suelo fue la presencia de fragmentos de rocas de tipo cascajo en diferentes porcentajes. Por último, los suelos pertenecen a los subgrupos clasificados como Typic Ustorhents y Lithic Ustorhents, que se describen a continuación.

##### 8.1.1.1.1 Typic Ustorhents

Este subgrupo se encuentra distribuido en el área de estudio en los relieves de loma, vallecito y terraza. Corresponde a suelos bien drenados que tienen una profundidad moderada en las zonas de terraza y superficial en la loma y vallecito, es común encontrar fragmentos de roca tipo cascajo y gravilla entre el 5% y 10 %, presentó una secuencia de horizontes de tipo A/C o A/R, el tipo de textura que predominó fue franco arcillosa. En general presentó un pH de 6.5, además de un tipo de estructura de bloques subangulares finos, grado moderado.

#### 8.1.1.1.2 Lithic Ustorthents

Este subgrupo se encuentra localizado en el área de estudio de relieves de cuesta y loma, se observaron en las áreas de mayor pendiente. Son suelos poco evolucionados, excesivamente drenados y superficiales debido a las pendientes que manejan (d y e), con texturas franco gruesa y franco finas. Se encuentra limitado por la roca a menos de 50 cm, presentó estructura en bloques angulares y subangulares finos moderados, además presentó un pH 7 en general.

### 8.1.2 Mollisoles

Los suelos de este ordenes encuentran ubicados en los paisajes de piedemonte y planicie. Los horizontes diagnósticos fueron un epipedón Móllico con un endopedón Cálculo y Cáblico, este tipo de suelo se encontró en sitios donde la pendiente fue de tipo "b", por otra parte, se encontraron texturas como franco arcillosa, franco arcillosa limosa y arcillosa limosa. El tipo de estructura fue de bloques subangulares finos medios. El pH fue mayor a 6.5; teniendo coherencia con las características del orden, ya que debe tener por encima del 50 % en saturación de bases. Por último, el único suborden que se halló en el área de estudio fue un Ustoll, clasificándose como gran grupo en Haplustolls y Calciustolls.

#### 8.1.2.1 Calciustolls

Este suelo presentó un régimen de humedad Ústico por lo cual se clasifico en el suborden Ustolls. Por otra parte, se catalogó como Calciustolls debido a que se encontró un endopedon Cálculo dentro de los primeros 100 cm, además de la reacción fuertemente al HCl, evidenciando presencia de carbonatos de calcio por encima del 5%. Otra característica de este suelo fue la presencia de varios fragmentos de rocas de tipo cascajo en diferentes porcentajes entre el 5 % - 10%. Estos suelos se encuentran localizados en el paisaje de piedemonte. Por último, este gran grupo solo se encontró un subgrupo el cual fue el Typic Calciustolls.

#### 8.1.2.1.1 Typic Calciustolls

El Typic Calciustolls se ubicó en el abanico, exactamente en el cuerpo. Este subgrupo se encuentra en un gradiente de inclinación entre el 3 -7%, con clase textural franco arcilloso, por otra parte, la profundidad esta entre los 50 cm a 60 cm y el pH correspondiente a 6.5 en los diferentes horizontes del pedón. En general presento una estructura de bloques subangulares finos y medios de grado moderado con una consistencia en húmedo, pegajosa y plástica

#### 8.1.2.2 Haplustolls

Los Molisoles, encontrados en la zona, son de regimen de humedad ustico, con los minimos requisitos que requiere este gran grupo taxonomico por cual se clasificaron como Haplustolls y estan localizados, en el paisaje de Planice en pendientes que varian entre 3 y 7% denominada "b"; pueden tener profundidad efectiva superficial a profunda, presentan dentro del perfil, fragmentos de roca, tipo gravilla y son ligeramente acidos de pH: 6.5. Estos suelos varían de profundidad desde los 30 – 120 cm, también se observó que el tipo de fragmento de roca era gravilla y el porcentaje de esta variaba de acuerdo a al relieve. Por último, se clasificaron 3 subgrupos los cuales fueron Entic Haplustolls, Typic Haplustolls y Fluventic Haplustolls.

##### 8.1.2.2.1 Entic Haplustolls

Los Entic Haplustolls se encontraron localizados en el relieve terraza. Este subgrupo, además, posee una textura arcillo limosa y una consistencia en mojado, pegajosa y plástica en la parte superficial del pedón, pero en la parte inferior tiene una consistencia en mojado pegajosa y no plástica, esto se puede deber a que la parte inferior tiene fragmentos de roca tipo gravilla, cascajo y piedra que en algunos casos puede llegar hasta el 90 %. Por otra parte, posee un color oscuro pardo, un pH 6.5 y reacción moderada al HCl, por ultimo, posee familia por tamaño de apticulas "esquelética arcillosa" y por temperatura isohipertérmico

#### 8.1.2.2.2 Typic Haplustolls

Los suelos de este orden se encuentran ubicados en la terraza de la planicie, de pH neutro, presenta una profundidad de 50 cm, también se observó una consistencia en mojado de pegajoso y ligeramente pegajoso y fragmento de roca tipo cascajo. Los resultados al HCl resultaron fuertes, además muestran bajo contenido de materia orgánica debido a la poca reacción del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Por último, este subgrupo tiene una familia por tamaño de partícula francosa-fina y por temperatura del suelo isohipertérmica.

### 8.1.3 Inceptisoles

Este orden se localizó en paisaje de planicie y en pendientes tipo b y c. Se clasificaron en este orden por poseer un epipedonótrico y un endopedon cambico; de profundidad efectiva que varia de 80 a 110 cm. Por otra parte, la textura encontrada varió entre la franco arcillosa y franco arenosa. Este orden no presento ningún fragmento de roca como los anteriores, además se observó estructuras en bloques subangulares, en general el suelo presentó una consistencia en mojado de pegajosa y no plástica. Por último, se encontró un suborden el cual fue Ustepts, y los grandes grupos observados fueron los Humustepts, Dystrustepts y Haplustepts.

#### 8.1.3.1 Humustepts

Los Humustepts, se distribuyeron en relieve de terraza dentro de la reserva, se encontraron en un régimen de humedad ústico y presentan un epipedón Mollico. Muestra una reacción fuerte hacia el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y una reacción débil a HCl, lo cual indica que estos suelos poseen una buena cantidad de materia orgánica y poseen pocos carbonatos de calcio. En cuanto a la estructura observada corresponde a bloques subangulares medios moderados y la textura es franco arcillosa en la parte superior del pedon y franco arenosa en la parte inferior. Por último, se encontró un subgrupo correspondiente al Typic Humustepts.

#### 8.1.3.1.1 Typic Humustepts

Los Typic Humustepts se localizaron en la terraza de la planicie con una inclinación tipo b, son suelos bien drenados, la textura que posee es franco arcillosa en el epipedón. Por otra parte, presentan una profundidad mayor a los 100 cm y una consistencia en mojado de ligeramente pegajosa y plástica, el color que presente este suelo es un gris muy oscuro (10YR 3/1), además de presentar gravilla fina en un porcentaje 30%. Presenta un pH de 7 en todo su pedón. La familia de este suelo fue franco gruesa por tamaño de partícula y por temperatura de suelo isohipertérmica.

#### 8.1.3.2 Dystrustepts

Los Dystrustepts se distribuyeron en el paisaje de planicie, presentan un régimen de humedad ústico y poseen un epipedón Ocrico. La consistencia de estos suelos en mojado es moderada, con pH de 6.5, no presenta fragmento de roca dentro del pedón. Por último, se encontró solo un subgrupo el Typic Dystrustepts.

##### 8.1.3.2.1 Typic Dystrustepts

Los Typic Dystrustepts presentan una textura el tipo franco arenosa, que combinada con pendientes de tipo c generan un buen drenaje. Presentó una reacción violenta al HCl lo que indicó que el suelo posee una gran cantidad de carbonatos, por otra parte, la reacción de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es débil dando a entender que posee poca materia orgánica. El color que predominó fue un café muy claro (10YR 7/4), posee una profundidad de 100 cm y una estructura en bloques sub angulares. La familia que se observó en este suelo fue franco gruesa por tamaño de partícula y por temperatura de suelo isohipertérmica.

#### 8.1.3.3 Haplustepts

Los Haplustepts se localizaron en el paisaje de planicie, presentan un régimen de humedad ústico por lo que se clasificaron como Ustepts, además, se clasificó como Haplustepts debido a

que cumple con lo mínimos requisitos para llegar a ser un Ustepts. El epipedón presente en este suelo fue un Ócrico con estructura de bloques angulares y no presentó fragmentos de rocas en ninguna parte del pedón, la consistencia en mojado presente es este suelo fue no pegajosa no plástica, además se obtuvo un pH de 6.5. Se encontró solo un subgrupo el Typic Haplustepts.

#### 8.1.3.3.1 Typic Haplustepts

Los Typic Haplustepts se encontraron localizados en el relieve de terraza, en una pendiente del 12 a 25% (tipo d), poseen una textura franco arcillosa, lo cual no indica que este suelo tiene un buen drenaje externo, pero un drenaje interno medio. Estos suelos presentaron una reacción violenta al HCl lo que nos indica que tiene alta presencia de carbonatos y menor cantidad de materia orgánica dada su reacción ligera a moderada del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. En cuanto profundidad efectiva, oscila entre los 80 a 100 cm y posee una estructura de bloques subangulares. La familia por tamaño de partículas es francosa por tamaño de partícula y por temperatura de suelo isohipertérmica.

## 8.2 DESCRIPCIÓN DE UNIDADES CARTOGRÁFICAS

Con base en el muestreo realizado en las 131,18 ha de la reserva natural El Neme, se lograron definir de manera preliminar 6 unidades cartográficas de suelo (UCS) las cuales fueron identificadas a partir de 27 observaciones de identificación (**Figura 20**). Durante este trabajo no se realizaron observaciones de comprobación, dado que por las restricciones de movilidad asociadas al estado emergencia causado por el COVID-19, no fue posible regresar a terreno. No obstante, se definieron 6 polígonos a partir de cajuelas como propuesta de UCS, los cuales quedan pendientes de comprobación.

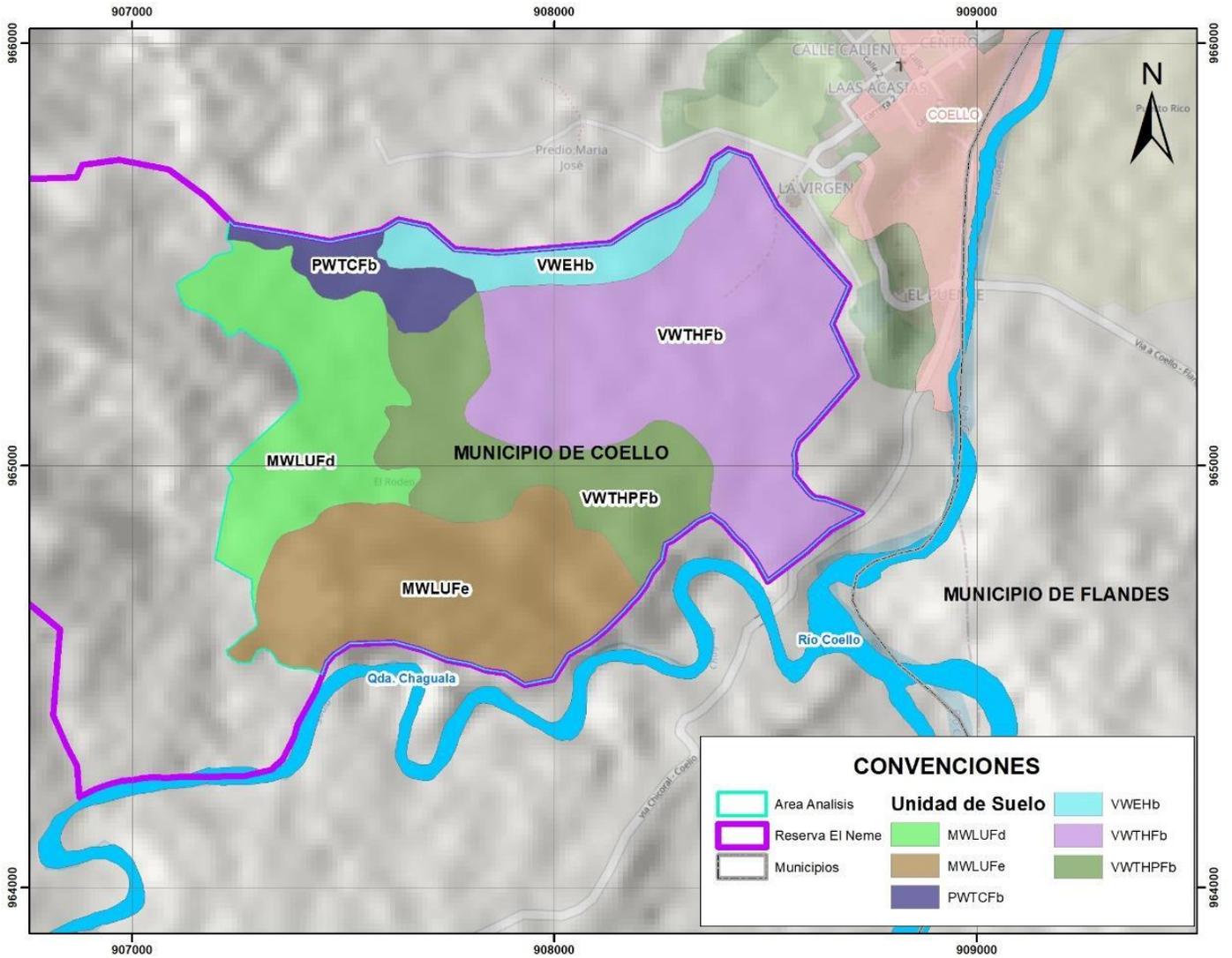


Figura 20. Distribución preliminar de las UCS, en 131,18 ha de la reserva El Neme

Asimismo, se construyó la leyenda preliminar de suelos la cual se presenta a continuación

**Tabla 8 Leyenda de las unidades cartográficas de suelo reserva El Neme**

Fuente Elaboración propia

Ambiente	Paisaje	Clima Ambiental	Tipo de relieve	Forma del terreno	Material Parental	Características de los suelos	Unidad taxonómica de suelo	%	Símbolo UCS
Estructural	Montaña	Cálido Seco	Cuesta	Ladera estructural	Alteritas rocas sedimentarias carbonatadas	<b>Consociación 1</b>	<i>Lithic Ustorthents isohipertérmica arcillosa</i>	100	MWLUFd
				Suelos Bien drenados, superficiales, con un contacto lítico antes de los 50 cm, texturas franco arcillosas y franco arenosas, pH neutros y ligeramente ácidos. Presentan reacciones fuertes y violentas al HCl y reacción al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .					
			Loma	Cima		<b>Consociación 2</b>	<i>Lithic Ustorthents isohipertérmica arcillosa</i>	57	MWLUFe
				Ladera		Suelos Bien drenados, superficiales, texturas franco arcillosas, pH neutros y ligeramente ácidos. Presentan reacciones fuertes y violentas al HCl y reacciones débiles y ligeras al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .			
Deposicional	Planicie	Cálido Seco	Vallecito	Vega	Depósitos aluviales	<b>Consociación 3</b>	<i>Entic Haplustolls isohipertérmica Esquelética-arcillosa</i> <i>Typic Haplustolls isohipertérmica francosa-fina</i> <i>Typic Ustorthents isohipertérmica esquelética sobre arcillosa</i>	50	VWEHb
						Suelos superficiales, moderadamente drenados, texturas arcillo limosas y franco arenosas, Con reacción ligera a moderada al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y reacción fuerte y moderada al HCl.		25	
						25			
			Terraza	Plano de Terraza		<b>Consociación 4</b>	<i>Entic Haplustolls isohipertérmica Francosa-Fina</i> <i>Typic Haplustolls isohipertérmica Francosa-Fina</i>	33	VWTHFb
						Suelos moderadamente profundos, de texturas franco arcillosas y franco limosas con presencia de gravillas en % menores al 20%, con pH que varían entre moderadamente ácidos y neutros. Presentan reacciones fuertes al HCl y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .		67	
						<b>Consociación 5</b>		80	
	Terraza	Plano de Terraza	Suelos Moderadamente profundos, texturas franco arcillosas, con reacción entre fuerte y violenta al HCl y fuerte y moderada al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , presentan pH entre ligeramente ácidos y neutros. En algunos casos se identifican gravillas finas irregulares en el horizonte A	<i>Typic Haplustepts isohipertérmica Francosa</i> <i>Typic Dystrustepts isohipertérmica francosa gruesa</i> <i>Typic Humustepts isohipertérmica Francosa gruesa</i>	10	VWTHPFb			
			10						
	Piedemonte	Abanico	Cuerpo	<b>Consociación 6</b>	<i>Typic Calciustolls isohipertérmica Francosa fina</i>	100	PWTCFb		
				Suelos Bien drenados, de texturas predominantemente franco arcillosos, pH neutros, con presencia de gravilla y cascajo y reacciones fuertes y violentas al HCL y reacción fuerte al H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .					

**Tabla 9 Área ocupada por UCS en las 131,18ha de la reserva El Neme**

CONSOCIACIÓN	UCS	ÁREA (Ha)	ÁREA(%)
Consociación 1	Cuesta (MWLUFd)	22,21	16,93
Consociación 2	Loma (MWLUFe)	29,68	22,63
Consociación 3	Vallecito (VWEHb)	7,48	5,71
Consociación 4	Terraza (VWTHFb)	45,11	34,4
Consociación 5	Terraza (VWTHPFb)	20,71	15,79
Consociación 6	Abanico (PWTCFb)	5,95	4,54

### 8.3 BALANCE HÍDRICO

La necesidad de mejorar la eficiencia en el uso del agua requiere evaluar diversos sistemas que supongan la medición de los flujos de agua, teniendo en cuenta el ingreso y egreso de esta en el suelo. En el caso de este estudio, se realizó una relación entre los aportes de agua realizados a través de la precipitación y las pérdidas hacia la atmosfera ocasionadas por la evaporación utilizando el método de Thornthwaite, el cual fue desarrollado a partir de datos de precipitación y escorrentía para diversas cuencas de drenaje. El resultado es básicamente una relación empírica entre la ETP y la temperatura del aire. A pesar de la simplicidad y las limitaciones obvias del método, funciona bien para las regiones húmedas. No es necesariamente el método más exacto ni tampoco el que tiene las bases teóricas más profundas. Por el contrario, probablemente esas características corresponden a aquellas que involucran flujo de vapor y balance de calor (Valencia 2010).

El método de Thornthwaite, se trata de una ecuación empírica para el cálculo de la evapotranspiración potencial mensual de una superficie de referencia, con base en la temperatura media mensual. El método fue desarrollado utilizando lecturas de lisímetros y balances hídricos realizados en cuencas pequeñas de diferentes zonas de Estados Unidos. Thornthwaite asegura que su método no es preciso, pero presenta un acercamiento a la realidad de la zona estudiada. La ecuación se presenta a continuación:

$$ETP_i = K_i 16 \left( \frac{10T_i}{J} \right)^a \quad [\text{mm/mes}]$$

Donde “T” es la temperatura media mensual del aire para el mes i (°C). Se deben excluir los valores negativos de temperatura. “K” es un factor de corrección mensual que depende de la

latitud. Se aplica debido a que el método fue desarrollado suponiendo un mes de 30 días con 12 horas de luz solar diarias, "J" es el índice de calor y por último "a" representa un índice empírico en función del índice de calor anual.

La realización de un balance hídrico permite complementar el desarrollo de varios estudios como:

- ETP existente desde la vegetación presente.
- Evaluar disponibilidad de agua para los cultivos.
- Establecimiento del régimen de humedad de los suelos o de criterios de diferenciación climática.
- Estudios de conservación de suelos.

Para el caso de la zona de estudio, por la metodología de polígonos de Thiessen, se obtuvieron las estaciones agroclimáticas operadas por el IDEAM que tenían influencia sobre la reserva El Neme, en total se tomaron cinco (5) estaciones (Nataima, Santiago, Nariño, Piedras y Chicoral), de un total de 12 que eran las únicas que tenían la información histórica suficiente (40 años), para realizar el análisis correspondiente.

Por otra parte, al no poseer datos de laboratorio que nos permitieran calcular Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) para poder hallar la lámina de agua disponible, se tomaron datos de estudios anteriores referentes al área de estudio.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla: **(Figura 21)**

<b>DEPARTAMENTO TOLIMA</b>
<b>MUNICIPIO DE COELLO</b>

ESTACIÓN **NATAIMA - SANTIAGO - NARIÑO - PIEDRAS - CHICORAL**

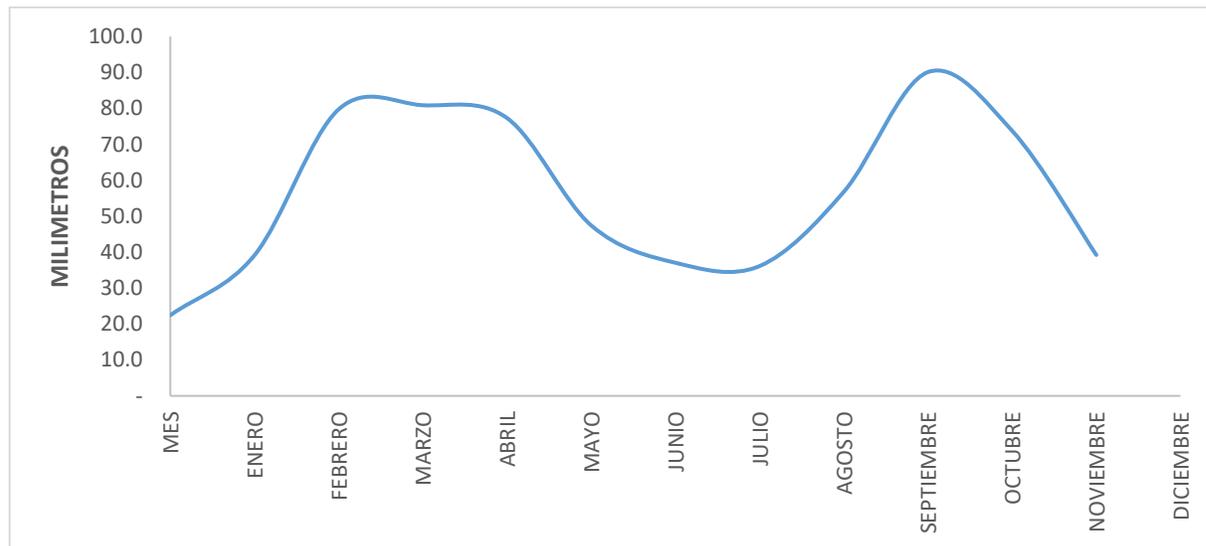
HA Suelo (mm)	17 mm	HA Total	3876 mm	CC	28
Prof. Suelo	228 mm			PMP	11

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Precipitación	22.4	39.1	79.7	80.9	77.3	47.4	37.0	36.1	56.8	90.1	73.8	39.2
ETP	23.7	23.8	23.5	23.1	23.0	23.5	23.9	24.7	24.8	23.8	23.2	23.4
Δ	(1.3)	15.3	56.2	57.7	54.3	24.0	13.2	11.4	32.0	66.3	50.5	15.8
Almacenamiento	35.0	19.6	(36.6)	(94.3)	(148.5)	(172.5)	(185.7)	(197.1)	(229.1)	100.0	49.5	33.7
ET	57.4	58.8	43.2	(13.4)	(71.2)	(125.1)	(148.7)	(161.0)	(172.3)	190.1	123.2	72.9
Déficit	(33.7)	(35.0)	(19.6)	36.6	94.3	148.5	172.5	185.7	197.1	(166.3)	(100.0)	(49.5)
Índice Calórico	13.4	13.5	13.3	12.9	12.8	13.2	13.6	14.4	14.4	13.5	13.0	13.2
Índice Empírico	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Temperatura	27.78	27.92	27.59	27.06	26.91	27.47	27.99	29.06	29.17	27.91	27.16	27.45

**Figura 21. Balance hídrico**

El balance hídrico desarrollado nos muestra que existe un régimen de lluvias bimodal, con dos épocas bien marcadas, en el primer semestre los meses de marzo, abril y mayo, y en el segundo semestre los meses de septiembre, octubre y noviembre (Figura 22).



**Figura 22. Balance hídrico reserva El Neme**

A pesar de la presencia de precipitaciones se hay un bajo almacenamiento de agua en varios meses del año. (Figura 23)

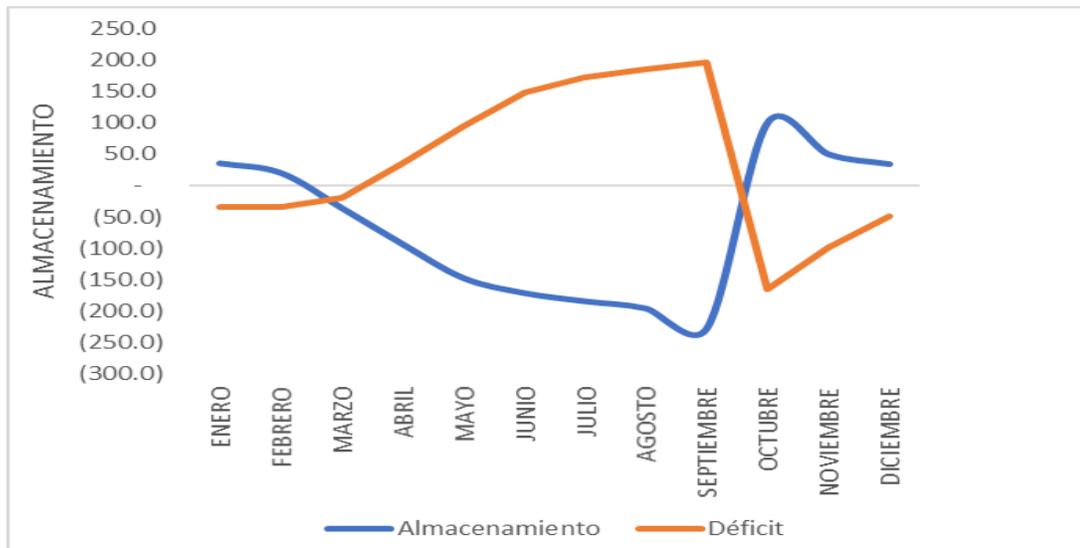


Figura 23. Almacenamiento VS déficit en la reserva El Neme.

#### 8.4 CARBONO ORGÁNICO

A nivel global, los valores de carbono orgánico en el suelo varían entre 0 y más de 200 toneladas por hectárea. Se ha identificado que la mayor cantidad de carbono orgánico se encuentra ubicada en las zonas tropicales y en las zonas templadas. Las zonas tropicales poseen entre 15 y 100 toneladas de carbono orgánico por hectárea, mientras que las zonas templadas poseen cantidades de carbono orgánico iguales o mayores a 75 toneladas por hectárea (FAO, 2018).

Con base en el mapa global de carbono en suelos, publicado por la FAO en 2018, los valores de carbono orgánico para la región de interés se encuentran alrededor de 10 toneladas por hectárea. Valores que explicarían los obtenidos en el muestreo realizado en El Neme (FAO, 2018), donde los porcentajes de carbono orgánico en el horizonte A del suelo varían entre 0.53% y 5.6%.

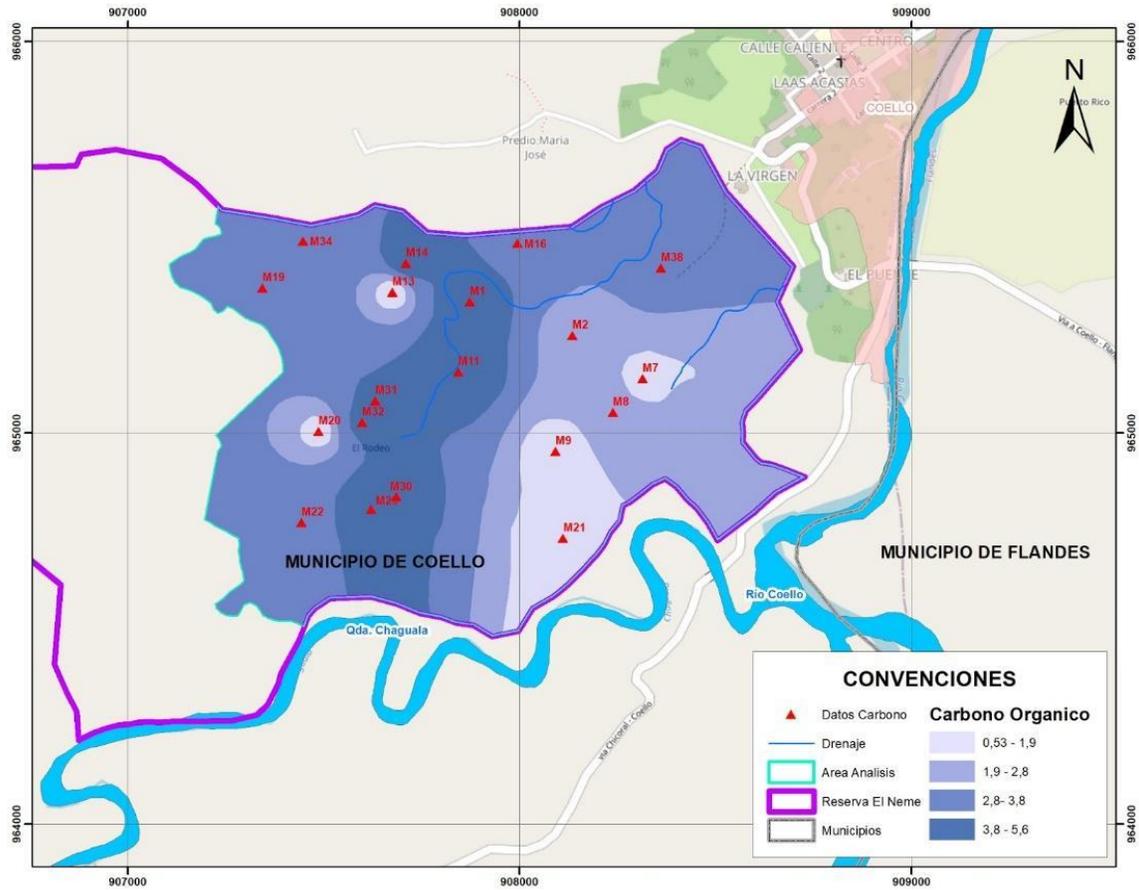
El 46% (60.34 hectáreas) del polígono evaluado presenta un porcentaje de carbono entre 2.8 y 3.8, correspondiendo esto principalmente con el paisaje de montaña, tanto en el relieve de cuesta, como en el de loma. No obstante, en dos puntos de muestreo en particular (M13 y M20), se encontraron valores muy bajos de carbono orgánico. Asimismo, se estima que una parte de la montaña que existe una franja (donde se ubican las cajuelas M1, M11, M29, M30, M31 y M32),

de 24.5 ha que cubre parte de la montaña y la planicie, atravesando el área de norte a sur, presenta los porcentajes de carbono máximos registrados con valores de 3.8% a 5.6%.

De igual forma en el relieve de terraza localizada en el extremo suroriental de la reserva, se estima un porcentaje de carbono orgánico en un rango de 1.9 a 2.8, aunque en un sector de este relieve el rango de carbono orgánico obtenido fue el más bajo de todo el muestreo menor (0.53% a 1.9%). Este rango de carbono orgánico (0.53% a 1.9%), es predominante en el área de transición entre el plano de terraza y la loma, por el costado oriental. Particularmente esta zona se encuentra en transición hacia la conservación, lo cual contribuiría al propósito de proteger el suelo, pues con el tiempo se espera que se diversifique la vegetación, y con esta haya mayor establecimiento de organismos. Con base en esto, aumentará la materia orgánica en la zona, acumulándose el carbono, principalmente en la biomasa vegetal (Figura 24).

En especial, el rango entre 1.9% y 2.8% de carbono orgánico, representa el 25.8% del área de estudio, es decir 33.9 hectáreas. Finalmente, las zonas que tienen los valores más bajos de carbono orgánico (0.53 - 1.9 %), representan apenas el 9.5% del área de estudio, es decir 12.42 hectáreas aproximadamente.

En cuanto a los valores obtenidos para el área de estudio con relación a los tipos de suelos identificados, no se encontró correlación. Si se tomaran los mismos valores de referencia que en el estudio de Uddin (2016), se esperaría que el contenido de carbono en orden decreciente para los suelos presentes en la reserva fuera molisoles, entisoles e inceptisoles. No obstante, los valores de carbono en los órdenes de suelo no mantienen tendencias estáticas a través del tiempo, de hecho, se espera que varíen (Stolpe, 2012). No obstante, los contenidos de carbono orgánico en el suelo dependen de múltiples factores, entre los que se encuentran la ubicación, los factores formadores, las propiedades físicas y químicas, los organismos que allí habitan y, principalmente el uso que se les da. Esto último en particular, puede generar variaciones asociadas tanto a pérdidas como a incrementos (FAO, 2001).



**Figura 24. Porcentaje de carbono orgánico contenido en los suelos del área de estudio.**

### 8.4.1 Organismos

A partir de la información obtenida en campo, se obtuvieron los siguientes organismos de plantas y de invertebrados.

#### 8.4.1.1 Vegetación

Para la obtención de esta información, dado que se socializó con jornaleros que vivían en la región y conocían la reserva, se les preguntaba qué plantas reconocían entre las cajuelas, dado que quienes analizaron y obtuvieron información en campo no eran ingenieros forestales, botánicos o conocedores de taxonomía de plantas.

Las plantas encontradas y de las cuales se les encontró información fueron Guásimo, Chipuelo, Pringamosa, Ondequera, Matarratón, *Brachiaria sp.*, Pasto angleton, Melina, Pela, Diamante, Cruceta, Mosquero, Uña de gato, Arrayanes o mirto, Ulanda y Guayabo. Pero a 7 plantas no se logró obtener datos, dado que por los nombres comunes no fue fácil su búsqueda, sin contar que no se hizo toma de hojas, descripción de dichos organismos, dado al tiempo para desarrollar el trabajo en campo; las plantas que no se les encontró información fueron las que lo jornaleros llamaban Dende, Ario, Iguámo, Bao, Yotomate, Bachido, Comula (ver anexo 1).

Según el anexo 1, muestra que la UCS con mayor variedad de plantas observadas fue MWLUFd, suelos que presentan texturas franco arcillosas y franco arcillosas, con pH neutros y ligeramente, bien drenados, con presencia de carbonatos, que coinciden con las condiciones óptimas de plantas, además de la temperatura variante, para plantas como el Guácimo, Ondequera, Chipuelo, Cruceta, Pela, Pringamosa, Mosquero, Yotomate, Igualmo, pastos angleton, arrayanes, diamantes y bao (13 morfotipos) donde en su mayoría son nativas.

A pesar de que el Tipo de Relieve Terraza tuviese dos UCS (VWTHFb y VWTHMFb) y al igual que Tipo de Relieve Vallecito (VWTHFb), no alcanzan a registrar más especies que el Tipo de Relieve Cuesta.

La UCS que presentó menos registro de variedad de plantas fue PWTCFb, donde se registró zonas de cultivos de pastos y presencia de Guásimo, es probable que por la presencia de gravilla y cascajo, sin desconocer, que los cultivos, representa de importancia para la alimentación óptima del ganado, dado que es zona modificada para agricultura, era de esperar encontrar pocos registros de plantas diferentes a pastos.

Es probable que en MWLUFe, presente más registro de plantas, dado a la densidad que se observó de plantas y que es de las zonas menos intervenidas y destinadas a la conservación, dado a las pendientes del Tipo de Relieve Loma, donde registraron varias especies nativas.

Dentro de las características de la vegetación se encontró, que los hábitats que suelen encontrarse y comparados con la zona de estudio, coinciden, encontrando plantas nativas típicas del tipo de ecosistema de bs-T (bosque seco tropical), algunas con alta distribución y otras especies introducidas (ver anexo 1).

Guásimo fue la variedad que más persistía en las diferentes UCS, lo cual se sugiere tener en cuenta para análisis de cobertura y correlación con el suelo. A pesar de que se registraron varias especies introducidas, sería bueno examinar un análisis multivariado correlacionando la biodiversidad de la vegetación con la cobertura, tipo de suelos y UCS, así mismo dar mejores herramientas a la reserva, sobre el estado de las zonas que tienen destinadas a la conservación.

Como ya se había mencionado, dado por razones de fuerza mayor, el estudio de levantamientos no se pudo finalizar, se necesitan más datos, para decir sobre la importancia de estas plantas en la zona, además de ser una observación cualitativa, sólo permite una descripción general y relación con los datos obtenidos en campo.

#### **8.4.1.2 Fauna**

Dado a la información obtenida en campo, solo se tiene registro de datos de 3 UCS que fueron MWLUF<sub>e</sub> (Loma), Terraza VWTHF<sub>b</sub> y Terraza VWTHMF<sub>b</sub>. Donde se observó la presencia persistente de galerías de lombrices (ver anexo 2), posteriormente algunos insectos y miriápodos (ciempiés y milpiés), el caso particular de gasterópodos (caracoles).

Como ya expone el anexo 2, el registro más común de las lombrices, permiten ver que el suelo no presenta alteraciones por agroquímicos, especialmente en terraza, que es de las zonas con pendientes menores a c, aproximadamente, fueron en años anteriores, arrendados para cultivo de algodón y por razones que no se socializaron con los lugareños y el dueño del predio, se dejó de cultivar por más de una década, lo cual, permite unas condiciones óptimas para estos organismos, siendo más óptimos, en zonas donde la cobertura vegetal genera la suficiente sombra, para evitar que el suelo pierda rápidamente la humedad, dado a las condiciones de temperatura y humedad que presentan.

El caso de los caracoles encontrados, generan ciertas inquietudes, primero porque presentaron varios individuos por el perfil de dos puntos de Tipo de Relieve de Loma en el perfil de la cajuela, que ni los lugareños ni el dueño habían observado, además de ser la zona con mayor sombra y densidad de árboles, se recomienda un análisis más detallado de este evento y si podría tener

una correlación con la posible alta concentración de carbonatos de la zona, dado a su geología, como se conoce, la concha de los caracoles es a base de carbonatos.

El conocer la importancia biológica y ecológica de los organismos registrados, permite comprender cómo las clases textuales, pH, humedad y drenaje, pueden influir en el registro, en especial de las lombrices, dado que pueden moverse a unos pocos metros a kilómetros, que permiten el movimiento de los gases por el suelo, a su vez, acelerar procesos biogeoquímicos, lo que no solo permite, con los nidos de hormigas y ductos que forman los coleópteros coprofágos, la proliferación de otros organismos, con la posibilidad de generar una gran variedad de microhábitats (Ortiz y Ruano, 2012).

Una de las justificaciones, por la cual, de las UCS no se tiene registro, es que las características del suelo a pesar de ser buena para que habiten cierta variedad de plantas, pueden el suelo no sea óptimo para el registro de estas especies, a su vez, del poco tiempo para evaluar las cajuelas y la zonas, la falta de experiencia de los que desarrollaron el trabajo, sin contar que no es un estudio minucioso de edafofauna, por el cual, el registro es un dato cualitativo y que se pueda asociar a las características de la zona y del suelo. Y que se puede justificar de la misma manera para las zonas que no registraron plantas (anexo 1).

## 9 CONCLUSIONES

De acuerdo con el trabajo realizado por medio de observaciones tipo cajuela, se pudo encontrar coincidencias con el Estudio General de Suelos del departamento del Tolima (escala 1:100.000), el cual referencia los suelos Lithic Ustorthents y Typic Ustorthents en una distribución similar a los identificados en el polígono de la reserva. Asimismo, la agenda ambiental del municipio de Coello también muestra estos suelos dentro de "El Neme".

Por otra parte, algunos de los suelos que se encuentran en el estudio 1:100.000 como los Typic Dystrustepts, Typic Haplustepts, también coinciden con los identificados en el área de estudio; en cambio, los Fluventic Dystrustepts no se observaron. No obstante, se encontraron suelos diferentes del orden de los mollisoles, que dentro del Estudio General de Suelos del

departamento del Tolima no se reportan, pero si son referenciados dentro del registro de la agenda ambiental de Coello.

Con base en lo anterior, es necesario a *posteriori* finalizar la caracterización de los suelos de la reserva, con la implementación cajuelas adicionales en las consociaciones VWTHFb y VWTHPFb que permitan un mayor cubrimiento y delimitación de estas unidades sobre todo en el sector oriental y suroriental de la reserva. Además, se requiere de una fase de comprobación a partir de calicatas, que permita obtener información de las condiciones fisicoquímicas de cada uno de estos polígonos y de esta forma precisar la clasificación taxonómica que en este documento se presenta a nivel de propuesta.

Lo anterior es importante debido a que permitiría obtener un diagnóstico de suelos más detallado, que, en consecuencia, sería un mejor reflejo de la realidad de la reserva. Un estudio más detallado de suelos permitirá la comprensión de la edafodiversidad de la reserva. Con base en esto, se podrán tomar mejores decisiones respecto al uso del suelo que vayan acorde con la capacidad de uso y la vocación. De esta manera, disminuirán los conflictos de uso en la zona y se aprovechará al máximo el potencial de los recursos. Particularmente, como el área corresponde a una Reserva Natural de la Sociedad Civil, la inclusión del análisis de carbono orgánico en los estudios posteriores adquiere relevancia debido a su potencial uso como insumo para la toma de decisiones asociadas a la implementación de estrategias de conservación.

Respecto a los análisis de carbono orgánico realizados hasta el momento, no se observó correlación entre las geoformas y la distribución del carbono orgánico. Tampoco se identificó un patrón de estos porcentajes con respecto a los órdenes a los que pertenecen los suelos o los límites de las consociaciones. Esto puede deberse a la baja densidad de muestreo realizada, no obstante, dado que el contenido de carbono en los suelos es mayor cuando, estos poseen coberturas como: bosques, matorrales, cultivos y pastizales, a pesar del bajo contenido de carbono característico de la región, es importante conservar la vegetación y procurar tener diferentes especies de plantas para no perder el carbono almacenado tanto en el suelo, como en la vegetación (Lucak, 2017). En particular, se recomienda sembrar plantas de raíces profundas,

y promover la humificación, agregación y movimiento dentro del suelo para lograr almacenar más carbono (Bhardwaj y Vaidya, 2017).

Por otro lado, sería importante incluir en la reserva sistemas agroforestales y silvopastoriles. Así, se podría aumentar la captura de carbono en la reserva y aumentar la diversidad en la zona. En consecuencia, se crearían nuevos microhábitats, y disminuiría el estrés al que se exponen los ecosistemas por la variabilidad climática. De esta forma, se protegen los servicios ecosistémicos que provee la zona (paisajísticos, de aprovisionamiento y de regulación de clima), y aumenta la resiliencia de los ecosistemas (Lukac, 2017). Finalmente, esto aumentará el potencial que tiene El Neme para recibir pagos por servicios ambientales, debido a que no sólo se estaría conservando la biodiversidad (como se procura actualmente), sino que también, se estaría aumentando la captura de carbono. Para llevar a cabo estos procesos de mejora en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, se podría recurrir a fuentes de financiación como el Incentivo a la Capitalización Rural, asociado a la sostenibilidad agropecuaria. Asimismo, en el futuro, como producto de la captura de carbono en la reserva, se podría incursionar en el modelo de negocio de los Certificados de Emisiones Reducidas.

Respecto a las especies vegetales observadas hasta el momento, puede decirse que la especie más representativa es el Guácimo. Esta especie se ha considerado subutilizada en los países en los que se encuentra, aún cuando tiene potencial en los sistemas silvopastoriles. Lo anterior, pues se ha reportado como árbol forrajero, que puede participar en procesos de reforestación y restauración de áreas degradadas por la ganadería pues contribuiría a evitar la degradación del suelo. En especial, en la región Caribe del país, es donde más se utiliza para la alimentación de animales en las regiones de bsT. Adicionalmente, se les ha atribuido otros usos, que varían de la región donde se ubique, entre estos se encuentra ser fuente de recursos maderero (Villa-Herrera *et al.*, 2009). En consecuencia, esta especie debe protegerse en la reserva e identificar posibles usos económicos que permitan ingresos al Neme. Lo anterior, se puede adelantar si continúa registrando testimonios de los habitantes de la zona, procurando el aprovechamiento del conocimiento tradicional.

En general, el conocimiento de los organismos en la reserva el “Neme”, permite identificar la incidencia que podrían tener tanto las especies introducidas como las nativas, en la génesis del suelo y en el mantenimiento de sus componentes a corto y mediano plazo. Esto es útil particularmente si se enfoca a los molisoles, dado a su aptitud para la agricultura. No obstante, el seguimiento de esta vegetación requiere estudios interdisciplinarios para comprender la relación suelo y cobertura. Esto, permitiría la inclusión de mejores prácticas tanto para el manejo como para la conservación de los recursos de la reserva, lo cual es consistente con la vocación proyectada para la El Neme. Por otro lado, la correlación entre de los hábitats de los organismos y sus dinanismos con el suelo que allí habitan permite realizar aproximaciones a las características químicas y físicas del suelo. Además, permite comprender mejor sus procesos evolutivos, influenciados fuertemente por factores formadores como el clima, pero también los impactos debidos al uso de la tierra.

En conclusión, este estudio permite evidenciar la necesidad de realizar estudios detallados de suelo debido a la aplicabilidad de estos conocimientos en términos de uso y manejo del recurso. Conocer a mayor profundidad la edafodiversidad y sus particularidades, permite usar adecuadamente los suelos, lo que: minimizaría los conflictos de uso; evitaría el desgaste y pérdida de los recursos; y promovería la conservación y el uso sostenible de la diversidad. Consecuentemente, podría mantenerse y aumentarse la provisión de servicios ecosistémicos, y estos, facilitarían el uso de los instrumentos económicos y financieros que se promueven a nivel nacional (asociados al crecimiento verde establecido en los planes de desarrollo. Luego, el cuidado de los recursos, su manejo adecuado asociado al uso sostenible, y el aprovechamiento de los instrumentos económicos y financieros, contribuiría a la sostenibilidad de la reserva El Neme.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M. S. (2000). Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo No. 14: 77-85.
- Alcaldía Municipal de Coello - AMC. (2011). Agenda Ambiental del Municipio de Coello. Alcaldía municipal de Coello. Corporación Autónoma Regional del Tolima – Cortolima.
- Alcaldía de Medellín. (2011). Árboles nativos y ciudad, aportes a la silvicultura urbana de Medellín. Medellín: Secretaría del Medio Ambiente de Medellín/Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín. Alcaldía Municipal de Montería (2003). Código de Cobertura Vegetal. Decreto, 575.
- Acosta, J. R. (2014). Utilización de aguas regeneradas para el riego de dos especies de la familia de las mirtáceas (*Myrtus Communis L.* y *Eugenia Myrtifolia L.*). Respuesta morfológica, fisiológica y bioquímica a distintos niveles de salinidad. Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia.
- Amaya, E., Jaramillo, C. (2010). Litofacies y ambientes de acumulación de la formación guaduas en la parte central de la cordillera oriental implicaciones-paleogeográficas. Boletín de Geología, 32(1), 13-25.
- Bar-On, Y. M., Phillips, R., Milo, R. (2018). The biomass distribution on Earth. PNAS June 19, 2018 115 (25) 6506-6511.
- Bhardwaj, S.K., Viadya, P. (2017). Strategies of Carbon Sequestration on Degraded Soils. Department of Environmental Science, Dr. Y.S. Parmar, University of Horticulture and Forestry, Nauni Solan, Himachal Pradesh. 11. pp.
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias Agrícolas, 33(2), 117-124.
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. Pastos y Forrajes, 35(4), 346-363.
- Cabrera, P. C. (2013). Evaluación del cactus (*Acathocereus spp.*, Cactácea) con tres abonos orgánicos en Huhuetenango. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Cárdenas, I., Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Crespo, P., Céleri, R., ... & Céleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de

la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. Suelos Ecuatoriales, 42(2), 138-153.

- Castro, H. (1996). Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena. Corpoica, Tunja (Boyacá). 30 – 31
- Chonde, S. (2016). review paper on Carbon credit. International Education y Research Journal [IERJ], 2, 19–21.
- Conesa, E., Parra, A., Zornoza, R., Faz, A., Gómez-López, M. D. (2019). Guía de especies vegetales de la cuenca Mediterránea aptas para la revegetación. Universidad Politécnica de Cartagena. Primera Edición. ISBN: 978-84-17853-02-0. España.
- Convention on Biological Diversity (CBD). (2002). COP 6 Decisión VI/5. Agricultural biological diversity. cbd.int. Tomado de: <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=7179>. Recuperado el: 17/05/2020.
- Convention on Biological Diversity (CBD). (2020). Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. Consultado en <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheet-sp-es.pdf> en abril del 2020.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA - CORTOLIMA. (2011). Agenda Ambiental del Municipio de Coello. Alcaldía municipal de Coello. Corporación Autónoma Regional del Tolima – Cortolima.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA. (2018). Fichas de flora. Consultado en [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/estudios/a04.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/a04.pdf) en mayo del 2020.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA. (2020). POMCA Coello. Tomado de: <https://cortolima.gov.co/recurso-h-drico/pomca-coello>. Recuperado el: 21/05/2020.
- Cruz-Lara, L. E., Lorenzo, C., Soto, L., Naranjo, E., & Ramírez-Marcial, N. (2004). Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. Acta Zoológica Mexicana, 20(1), 63-81.
- Cuervo-Jiménez, A., Narváez-Solarte, W., & Hahn von-Hessberg, C. (2013). Características forrajeras de la especie *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, Fabaceae. Boletín científico centro de museos museo de historia, 17(1), 33-45.

- Dykhuizen, D. (2005). Species Numbers in Bacteria. Proc Calif Acad Sci. 2005 Jun 3; 56 (6 Suppl 1): 62–71.
- Elliot, J., Hilario, R. (2002). Néctares y macerado con uña de gato. Intermediate Technology Development Group. ISBN 9972470830. Perú.
- Fandiño, S. D., Pineda, A F., Rojas, M. A. 2018. Hoja de Ortiga (*Urtica dioica*) fresca y deshidratada en preparaciones gastronómicas. Universidad Agustiniana. Colombia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2012). Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas: la *Brachiaria* brizanta. Consultado en <http://www.fao.org/3/CA3137ES/ca3137es.pdf> en mayo 2020.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2017). Mapa de Carbono orgánico del suelo.
- Fern, K. (2019). *Zanthoxylum rigidum* - Tropical Plants Database. Consultado en [tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Zanthoxylum+rigidum](http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Zanthoxylum+rigidum) en mayo del 2020.
- Ferrarini, A., Bini, C., Amaducci, S. (2017). Soil and ecosystem services: Current knowledge and evidences from Italian case studies. Applied Soil Ecology. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.031>.
- García, A., & Cabrera-Reyes, A. (2008). Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. Acta zoológica mexicana, 24(3), 91-115.
- García, R. R., Hernández, J. J. V., Alcalá, V. M. C., & Monter, Á. V. (2005). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina Arborea Roxb*. Revista Fitotecnia Mexicana, 28(4), 319-326.
- Giraldo, L. A. (1998). Potencial de la arborea Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. In Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Conferencia electrónica de la FAO. Consultado en <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Giraldo13.PDF> en mayo del 2020.
- González V, N. S. Ochoa G, C Pozo, B G Ferguson, L JRangel R, S L Arriaga W, A Ponce, C Kampichler. (2011). Un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica. Biolog. Tropic. 59: 1433-1451.

- • Guggenberger, G. (2005). Humification and Mineralization in Soils. *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*, 85–106. doi:10.1007/3-540-26609-7\_4.
- INGEOMINAS, (2002). Mapa geológico de Colombia plancha 245 Girardot. Instituto de investigación e información geocientífica, minero-ambiental y nuclear ingeominas.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 2017. Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos, Información de clases geomorfología. Grupo interno de trabajo de levantamiento de suelos y aplicaciones agrológicas.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 2017. Instructivo de campo para el levantamiento de Suelos IGAC.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 1987. Estudio General de Suelos del departamento del Tolima. Subdirección de Agrología. Gobernación de Cundinamarca. Metodología para el levantamiento de Suelos IGAC. Bogotá.
- Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA). (1986). Problemas de conservación de tierras en Colombia y estrategias para su control. INDERENA. Bogotá, Colombia. pp. 32.
- León, O., & Vargas, O. (2009). Las especies invasoras: Un reto para la restauración ecológica. *Restauración Ecológica en Zonas Invasadas por Retamo Espinoso y Plantaciones Forestales de Especies Exóticas*; Universidad Nacional de Colombia: Bogotá, Colombia, 19-38.
- Ley 1819. Constitución Política de Colombia. Bogotá. Colombia. Diciembre 29 de 2016.
- Lopera-Toro, A., Montoya, A., Xamara, D., León Lleras, J. S., Hernández Schmidt, M., Aguilar-Cano, J. R., & Peña Briceño, L. C. (2015). Caracterización de la flora y fauna de la ventana Beltrán (Corregimiento Paquiló, Municipio de Beltrán, Cundinamarca). Instituto de Investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt y la Fundación Ecotrópico Colombia. Consultado en [http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9343/9\\_Ecotropica\\_Beltran\\_Ecotropico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9343/9_Ecotropica_Beltran_Ecotropico.pdf?sequence=1&isAllowed=y) en mayo del 2020.
- Lukac M. (2017). Introduction: The Role of Soil Biodiversity in Ecosystem Productivity and Resilience. In: Lukac M., Grenni P., Gamboni M. (eds) *Soil Biological Communities and Ecosystem Resilience. Sustainability in Plant and Crop Protection*. Springer, Cham.

- Macana, Y. A. M., & Melo, M. A. R. (2010). El punto de marchitez permanente (PMP) en melina (*Gmelina arborea* L. Roxb) para la Costa Caribe colombiana ¿una característica para la selección de clones? Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11(2), 116-121.
- Martínez, C, (2012) Caracterización General de Escenarios de Riesgo. Municipio de Coello Tolima. 5 - 9
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). MADS.128.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2016). Política para la gestión sostenible del suelo. MADS. pp. 94.
- Montaña, J, 2011, Agenda Ambiental del Municipio de Coello, Alcaldía Municipal de Coello. 37 - 87
- Montenegro, A. D. C. E., Filella, J. B., & Valdivia, N. A. G. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. Revista Científica de FAREM-Estelí, (22), 39-49.
- Montes, C. R. (2016). Grupos funcionales de plantas como estimadores de Carbono en Bosque Seco del Caribe Colombiano. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Consultado en <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3739/1/MontesPulidoCarmenRosa2016.pdf> en mayo del 2020.
- Montoya-Pfeiffer, P. M., León, B. D., & Nates, P. G. (2014). Catálogo de polen en mieles de *Apis mellifera* provenientes de zonas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. Revista de la academia Colombiana de Ciencias exactas, física y naturales. Bogotá, 38, 140.
- Moreira, F. M., Huising, E. J., & Bignell, D. E. (Ed.). (2012). Manual de biología de suelos tropicales. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Naciones Unidas (UN). (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. (pp. 2 – 25). Ginebra: Naciones unidas.

- Naciones Unidas (UN). (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible. UN. un.org. Tomado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Recuperado el: 12/05/2020.
- Nortcliff, S., Bannick, C. G., Terytze, K., Knoop, G., Bredemeier, M., Schulte-Bisping, H. (2000). Soil definition, function, and utilization of soil. Ullman's Encyclopedia of industrial chemistry. Vol. 33. 399.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2001). Soil Carbon Sequestration for improved land management. FAO. 75 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2005). The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO. pp. 95.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2011). La seguridad alimentaria: información para la toma de decisiones. Guía práctica. En: <http://www.fao.org/docrep/014/al936s/al936s00.pdf>, consulta en marzo del 2020.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). Mapa de carbono orgánico del suelo. FAO. 5 pp.
- Ortiz, Z. W., & Ruano, A. J. (2012). Estudio de mesofauna y macrofauna en parcelas fertilizadas y no fertilizadas en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en la meseta de Popayán-Cauca y Restrepo-Valle del Cauca. Universidad del Cauca.
- Osorio, B. C. (2019). Diversidad de aves como indicador de la calidad ambiental del bosque de protección Pui Pui y zona de amortiguamiento, de la microcuenca Kitihuarero, del distrito de Pichanaqui, Perú.
- Pardo, J. A., & Quintero, M. Y. (2015). Evaluación de la calidad nutricional, consumo y digestibilidad in vivo de los henos de pasto Vidal (*Bothriochloa saccharoides*), Colosuaña (*Bothriochloa pertusa*) y Angleton Climacuna (*Dichanthium annulatum*). Universidad del Tolima. Colombia.

- Pashanasi-Amasifuen, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, 12(1-2), 75-97.
- Patarroyo, P. (2011). Sucesión de amonitas del cretácico superior (cenomaniano–coniaciano) de la parte más alta de la formación hondita y de la formación loma gorda en la quebrada Bambucá, Aipe-Huila (Colombia, SA). *Boletín de Geología*, 33(1).
- Pittier, H. (1998). *La modernización difícil: Henri Pittier en Venezuela, 1920-1950*. Fundación Polar. ISBN 9806397711. Venezuela.
- Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor del Rio Prado (2002), *Climatología Cuenca Mayor*. Convenio Cortolima - Sena - Universidad del Tolima. 70 – 95.
- Polania, K. A. (2019). *Biomasa Aérea en estados sucesionales del Bosque Seco Tropical en el Norte del Tolima, Colombia*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Consultado en <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/15488/1/PolaniaClevesKarenAstrid2019.pdf> en mayo del 2020.
- Porta, J. (1966). Geología del extremo S del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí (Colombia). *Boletín de Geología, UIS, Bucaramanga*, 22-23: 13-47.
- Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP). (2020). *The convention on biological diversity*. Cdb.int. Tomado de: <https://www.cbd.int/convention/>. Recuperado el: 07/04/2020.
- Rodríguez-Echeverría, S. (2009). Organismos del suelo: la dimensión invisible de las invasiones por plantas no nativas. *Revista Ecosistemas*, 18(2).
- Rincón-Ruíz, A., Echeverry-Duque, M. A., Piñeros, A. M., Tapia, C., David, A., Arias-Arévalo, P., y Zuluaga, P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Sánchez, H. V., Quiroga, H. L., & Rodríguez, L. (2007). Ibagué. Entorno natural de 17 ciudades de Colombia, 157.
- Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., Kogel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D.

- P., Weiner, S., Trumbore, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478(7367), 49–56. doi:10.1038/nature10386.
- Slater, B.J. 2014. Fossil Focus: Arthropod - plant interactions. *Palaeontology* [online] 4 (5).
  - Starck, J., Nicking, M. (2009). Jardines de entrada. Editorial Hispano Europea. España.
  - Téllez, N., Navas, J. (1962). Interferencia de direcciones en los pliegues cretácico-terciarios entre Coello y Gualanday. *Boletín de geología*, (9), 45-61.
  - Tello, A. (2001). MAPA GEOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA. Instituto de investigación e información geocientífica, minero-ambiental y nuclear ingeominas.
  - Uddin, J. M. (2016). Soil Organic Carbon Dynamics in two Major Alluviums of Bangladesh. PhD Thesis. School of Natural and Built Environments Faculty of Science, Engineering, and Computing Kingston University London.
  - Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia – EIA. (2014). *Psidium guajava*. Consultado en <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/77> en mayo del 2020.
  - United States Department of Agriculture - USDA. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Consultado en [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf) en mayo del 2020.
  - Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia – EIA. (2018). Catálogos de árboles Urbanos en Colombia - *Zanthoxylum rigidum*. Consultado en <https://catalogoarbolesurbanos.eia.edu.co/species/929> en mayo 2020.
  - USDA -2014. Key to Soil Taxonomy. 12 edición. departamento de agricultura de los Estados Unidos.
  - Valencia, V. (2010). Evaluación de la relación entre la evapotranspiración potencial teórica y la Evaporación registrada en los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca. Bogotá D.C. 37 – 38.
  - Villa-Herrera, A., Nava-Tablada, M. E., López-Ortiz, S., Vargas-López, S., Ortega-Jimenez, E., & López, F. G. (2009). Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2), 253-261.

- Villamil, D. A. (2009). Efecto del extracto de las hojas de *Casearia corymbosa* sobre la germinación de la *Passiflora edulis* var *edulis*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Virgili, G. (2017). Guía medicinal y espiritual de plantas tropicales: Los secretos de las plantas desde el Caribe y la Amazonía hasta el Mediterráneo. Angels Fortune Editions. ISBN 8494678248.

## 11 ANEXOS

### ANEXO 1. Tabla de las plantas observadas en la “Reserva El Neme”.

Consociación/S ímbolo UCS	Taxonomía	Cajuelas	Vegetación	
			Organismo	Características
1/MWLUFd Cuesta	Lithic Ustorthents isohipertérmica Esquelética Francosa	M19, M35	<p>*Guásimo - <i>Guazuma ulmifolia</i></p> <p>*Ondequera - <i>Casearia corymbosa</i></p> <p>*Chipuelo - <i>Zanthoxylum rigidum</i></p> <p>*Cruceta - <i>Acanthocereus tetragonus</i></p> <p>*Pela - <i>Mimosa farnesiana</i> o <i>Vachellia farnesiana</i></p> <p>*Pringamosa - <i>Urtica sp</i></p> <p>*Mosquero - <i>Dittrichia viscosa</i></p> <p>*Yotomate, Iguamo, pastos angleton</p>	<p>*Nativa, vive a 24°C, precipitaciones 700-1500 mm/año, altura 0-1200 msnm, pH&gt;5,5, suelos con buen drenaje y no pedregoso (Giraldo, 1998). (a)</p> <p>*Árbol nativo, vive asociado a ecosistemas costeros, bsT y sabana, altura entre 0-1500 msnm (Villamil, 2009; Alcaldía de Medellín, 2011; Montoya-Pfeiffer <i>et al.</i>, 2014). (b)</p> <p>*Árbol o arbusto pequeño, endémico de bsT. Pionera para establecer bosques, en zonas abiertas y formaciones aluviales (Lopera-Toro <i>et al.</i>, 2015). (c)</p> <p>*Cactus nativo. Vive a 40°C, resiste bajas humedades ambiental y edáfica. Prefiere suelos francos limosos, bien drenados y pH intermedios (Cabrera, 2013). (d)</p> <p>*Nativa. Vive a 12-24°C, 100 a 1500 mm/año de precipitación, en suelos con textura franco arcillosa, franco arenosa y franco limosa y en pH 5,5 a 7,5 (Fandiño <i>et al.</i>, 2008). (f)</p> <p>*Ornamental y nativa. Esta en gran parte de Sudamérica, vive a 0 a 1200 msnm en bsT y bosque húmedo tropical (CORTOLIMA, 2018). (e)</p> <p>*Introducida. Vive a 0-800 msnm, resiste sequías, heladas y altas concentraciones de salinidad, prefiere suelos franco arenosos, a pH 4,5 a 7,5, no necesita suelos ricos en nutrientes (Conesa <i>et al.</i>, 2019). (g)</p>
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa Fina	M20	<p>*Arrayanes - <i>Myrtus communis</i></p> <p>*Diamantes (<i>Pachysandra terminalis</i>)</p> <p>*Crucetas</p> <p>*Bao</p>	<p>* Introducida. Vive en zonas tropicales a zonas frías y templadas. Prefiere suelos bien drenado, con humedad constante y alta concentración de materia orgánica (Acosta, 2014). (h)</p> <p>*Introducida. Vive bajo sombra, en suelos rico en nutrientes y altas concentraciones de materia orgánica (Starck y Nicking, 2009). (i)</p> <p>*(d)</p>
2/MWLUFe Loma	Typic Ustorthents isohipertérmica Francosa Fina	M22, M29	<p>*Mosquero, Arrayan</p> <p>*Uña de gato - <i>Uncaria tomentosa</i></p> <p>*Ulanda - <i>Amyris balsamifera L</i></p> <p>*Bachido, *Yotomate, Bao, pasto</p>	<p>*(g), (h)</p> <p>*Nativa- Invasora de alta tasa de regeneración. Vive entre los 75-800 msnm (Eliot y Hilario, 2002). (j)</p> <p>*Nativo. Vive en “lomas secas” de bosques con altas temperaturas (Pittier, 1998; Virgilio, 2017) (k)</p>
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa Fina	M28, M30	<p>*Ulanda</p> <p>*Bao, Camula</p>	*(k)
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa	M21	<p>*Arrayanes, *Diamantes, Cruceta</p> <p>*Bao</p>	*(h), (i), (d)

	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa Fina	M23		
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa Gruesa	M24	Sin datos	Sin registro
<b>3/VWTHFb Vallecito</b>	Entic Haplustolls isohipertérmica Esquelética Arcillosa	M15, M17	Sin datos	Sin registro
	Typic Haplustolls isohipertérmica Francosa Fina	M16	*Cultivo Melina - <i>Gmelina arborea</i>	*Introducido. Recurso maderero y forestal, se adapta a diferentes condiciones ambiental y edáficas. Cultivo que se desarrolla comúnmente en BsT del Caribe Colombiano (García <i>et al.</i> , 2005; Macana y Melo. 2010)
	Typic Ustorthents isohipertérmica Esquelética sobre Arcillosa	M36	*Guásimo *Guayabo - <i>Psidium guajava</i>	*(a) *Árbol nativo. Se adapta a diferentes tipos de suelos, vive entre 0-2000 msnm (EIA, 2014)
<b>4/VWTHFb Terraza</b>	Udic / Typic Ustorthents isohipertérmica Arenosa	M1, M38	*Guásimo, Chipuelo	*(a), (c)
	Typic Haplustolls isohipertérmica Francosa Fina	M2, M11	*Pringamosa *Dende, Ario	*(e)
	Entic Haplustolls isohipertérmica Francosa Fina	M7	*Guásimo, Ondequera *Iguamo	*(a), (b)
<b>5/VWTHMFb Terraza</b>	Typic Humudepts isopertermica Francosa gruesa	M8	*Iguamo	-
	Typic Eutrudepts isohipertérmica Francosa	M9	*Matarratón - <i>Gliricidia sepium</i>  *Guásimo *Pastos, Yotomate	*Nativa. Vive entre 0-1300 msnm, precipitaciones de 600-6000 mm/año, en suelos secos a húmedos, con pH 4,5-7, con texturas franco arenosos y arcillosos, con mediana a alta fertilidad, con buen drenaje, temperaturas entre 15-30°C (Cuervo-Jiménez <i>et al.</i> , 2013). *(a)
	Typic Dystrudepts isopertermica francosa gruesa	M31	*Sin datos	Sin registro
	Typic Humudepts isopertermica Francosa	M32, M33	*Arrayanes, Diamantes, Crucetas Guásimo, Ondequera *Iguamo, Bao	*(h), (i), (d), (a), (b)
<b>6/PWTCFb Abanico</b>	Typic Calciustolls isohipertérmica Francosa Fina	M34, M14	*Guásimo *Bracharia sp	*(a)
	Typic Calciustolls isohipertérmica Francosa	M13	*Guásimo *Angleton	*(a) *Introducida. Vive en texturas de suelo franco arcilloso, optimamente asociado a leguminosas (Pardo y Quintero, 2015).

**ANEXO 2** Tabla de los invertebrados observadas en la “Reserva El Neme”.

Consociación / Símbolo UCS	Taxonomía	Cajuelas	Invertebrados	
			Organismo	Características
<b>2/MWLUFb</b> <b>Loma</b>	Typic Ustorthents isohipertérmica Francosa Fina	M22, M29	*Galerías de lombrices - Familia Lumbricidae  *Saltamontes – Insecta – Orthoptera  *Varios gasterópodos – Orden Stylommatophora	*Gran variabilidad en su distribución por metro cuadrado, aumenta en la actividad microbiana y fertilidad química del suelo, incrementando la disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), al acelerar la descomposición, la mineralización y la humificación así integrando los residuos húmicos en el suelo. Pueden mejorar la porosidad del suelo, generando más suave y poroso, que permite y promueve la sucesión de toda la cadena trófica en los diferentes perfiles del suelo. Son sensibles a los cambios de humedad, temperatura y agroquímicos en el suelo, prefieren vivir en texturas medias, pH 5-7,3 (USDA, 1999; Montenegro <i>et al.</i> , 2017). (a) *AL igual que las lombrices y hormigas, ayuda a volver la materia orgánica, en partículas más pequeña y promover diferentes procesos químicos y biológicos (Ortiz y Ruano, 2012).  *Alimentan el mantillo, deposición orgánica y cadáveres de otros invertebrados, lo fragmentan, dispersan y dispone para la mineralización y otros procesos de integración al suelo, al igual que lombrices y hormigas, ser epiginios (Ortiz y Ruano, 2012). Posibles indicadores de biodiversidad de bosques tropicales González <i>et al.</i> , (2001), (b)
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa Fina	M28, M30	*Tres morfos de gasterópodos *Cien pies  *Hormigas	*(b) *Presentan el mismo papel biológico en el suelo que (a), (b) y saltamontes. (c) *(c), además de que permiten la aireación del suelo por la conexión de sus nidos (Ortiz y Ruano, 2012). (d)
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa	M21	Sin registro	
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa Fina	M23		
	Lithic Ustorthents isohipertérmica Francosa Gruesa	M24		
<b>4/VWTHFb</b> <b>Terraza</b>	Udic / Typic Ustorthents isohipertérmica Arenosa	M1, M38	Sin registro	
	Typic Haplustolls isohipertérmica Francosa Fina	M2, M11	*Galerías de lombrices *Cucarrón – Clase Insecta . Orden Coleoptera  *Hormigas	*(a) *Aunque no se identificó el hábito, existen insectos coprófagos, que permiten la incorporación de desechos fisiológicos, acelerar el proceso de descomposición (Ortiz y Ruano, 2012). *(d)
	Entic Haplustolls isohipertérmica Francosa Fina	M7	Galerías de lombrices 2 morfos de hormigas	*(a) *(d)

<b>5/VWTHMFb Terraza</b>	Typic Humudepts isopertermica Francosa gruesa	M8	Galerías de lombrices	*(a)
	Typic Eutrudepts isohipertérmica Francosa	M9	*Miel pies, 2 diplópodos *Lombrices	*(c) *(a)
	Typic Dystrudepts isohipertérmica francosa gruesa	M31	Lombrices de gran tamaño	*(a)
	Typic Humudepts isohipertérmica Francosa	M32, M33	Sin registro	