CPS No. 002 de 2017
Vicaría del Sagrado Corazón de Jesús
"Evaluación geoambiental e hídrica del proyecto de perforación exploratoria del bloque petrolero El Nogal en los municipios Morelia y Valparaíso – Caquetá, para la defensa del agua y el territorio"

INFORME TÉCNICO SOBRE LEVANTAMIENTO GEOAMBIENTAL, SOCIOCULTURAL Y ECONÓMICO RÁPIDO

Elaborado por

Corporación Geoambiental Terrae

Esta publicación fue financiada por fondos de Caritas Alemania. La información contenida en el estudio es de exclusiva responsabilidad de sus autores

Septiembre de 2017

Transversal 15B No. 46 – 16 Of. 506. Tel: 340 24 62. Bogotá D.C., Colombia
info@Terraegeoambiental.org

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido 2
1. Introducción 7
2. Componente geoambiental 15
2.1 Geología 16
2.1.1 Marco teórico 16
2.1.2 Metodología 17
2.1.3 Resultados y análisis 22
2.2 Hidrogeología 77
2.2.1 Exploración geofísica 77
2.2.2 Estimación de parámetros hidráulicos 90
2.2.3 Modelo Infiltración - escorrentía 104
2.3 Geomorfología 114
2.3.1 Metodología 114
2.3.2 Antecedentes 120
2.3.3 Marco teórico 124
2.3.4 Cartografía geomorfológica 128
2.3.5 Inventario morfodinámico 142
2.3.6 Análisis de resultados 147
2.4 Hidrología 151
2.4.1 Antecedentes 151
2.4.2 Metodología. 152
2.4.3 Hidrografía 153
2.4.4 Secciones transversales de quebradas y ríos 155
2.4.5 Caudal base 162
2.4.6 Clima 163
2.4.7 Dinámica Fluvial 169
2.4.8 Riesgos asociados al petróleo para el territorio analizado 176
2.5 Calidad de agua 178
2.5.1 Metodología 178

2.5.2 Resultados e interpretación de datos 186
2.5.3 Calidad de las aguas someras en el área del APE Nogal 208
2.5.4 Calidad de las aguas superficiales del APE Nogal 210
2.5.5 Riesgos ambientales por disposición de aguas residuales: contaminación del agua y del suelo 211
3. Componente ecosistémico 218
3.1 Metodología 220
3.1.1 Evaluación en campo 223
3.1.2 Taller con diferentes actores de la comunidad para la identificación de especies de fauna y flora endémica, amenazada, de importancia para la conservación o en listados CITES 223
3.1.3 Evaluación en campo 224
3.1.4 Entrevistas con especialistas 224
3.1.5 Análisis de información 225
3.1.6 Metodología en fauna 225
3.2 Resultados 228
3.2.1 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas 228
3.2.2 Cambios de las coberturas vegetales en la zona de estudio 239
3.2.3 Coberturas naturales y ecosistemas de importancia ecológica en el área de influencia directa del proyecto 242
3.2.4 Descripción de los ecosistemas actuales ambientalmente frágiles o sensibles 247
3.2.5 Flora 252
3.2.6 Fauna 269
4. Componente sociocultural 283
4.1 Historia reciente 283
4.2 Organización 288
4.3 Precariedad de la institucionalidad 290
4.3.1 Municipio de Milán 291
4.3.2 Municipio de Morelia 291
4.3.3 Municipio de Valparaíso 292
4.3.4 Percepciones sobre el Estado 293
4.4 Conflicto armado 294
4.5 Relación con el territorio (perspectiva socioambiental) 297
5. Componente económico 300

5.1 Introducción 300
5.1.1 Caracterización con resultados de campo e información secundaria 300
5.1.2 Análisis del área de influencia directa. 310
5.1.3 Comentarios al estudio de impacto ambiental del Nogal. 314
6. Conclusiones 318
6.1 Componente Geológico 318
6.2 Componente Hidrogeológico 319
6.3 Componente Geomorfológico 320
6.4 Componente Hidrológico 321
6.5 Componente de calidad de aguas 321
6.6 Componente Ecosistémico, flora y fauna 323
6.7 Componente Sociocultural 328
6.8 Componente Económico 329
7. Anexos 332
Lista de figuras 333
Lista de tablas 340
Lista de fotografías 343
Lista de anexos 349

Agradecimientos

El equipo de trabajo agradece la colaboración de muchas personas que hicieron parte integral de los resultados que se muestran:

- A la Vicaría del Sur, particularmente a Yolima, Ximena y Mary por la confianza, el apoyo, la posada y el bastimento.

- A la profesora Mercedes quien teje con paciencia la red que defiende el agua y por quien llegamos al Caquetá

- A Jorge por su inmensa hospitalidad.

El equipo social muy especialmente agradece a quienes nos acompañaron y colaboraron infinitamente durante las visitas de campo y durante las visitas a los hogares de sus vecinos:

A Rosalba Agudelo, en las veredas La Rochela y la vereda Bolivia (Morelia)

A Benicio Ortiz, y Natalia en la vereda La Reforma (Valparaíso)

A Simeón Cortés en la vereda La Florida (Valparaíso)

A Ximena Lombana por su asesoría y apoyo durante todo el proceso

A todas las personas que nos abrieron las puertas de sus hogares y nos permitieron conocer un poco de la historia de sus veredas y de sus vidas. Gracias por confiar en nosotras.

El equipo de ecosistemas expresa sus agradecimientos a toda la comunidad que nos recibió, acompañó y apoyó en el reconocimiento de su territorio, por compartir su percepción del mismo y permitirnos escuchar sus experiencias de vida. A Carlos Quintana por darnos tan generosamente su conocimiento de los árboles y uso tradicional de las plantas. A todos ellos por defender su territorio y abrir las puertas hacia las posibles estrategias para un equilibrio sustentable con el entorno.

Los equipos de ingeniería agradecen a toda la comunidad y en especial para Halber, Luis (Correlón), Germán (Patalimpia), Uberney (Chifle), Yoyo, Jorge Ramírez, Luis Venezuela, Andrés, Maximiliano, Raúl y Álvaro Escobar entre otros. Todos ustedes son ejemplo de amor a su tierra y a su país, gracias a su empeño y dedicación hemos superado las metas que nos habíamos trazado y eso en sí es un logro muy importante. Queremos dar las gracias, más que felicitarlos, porque reconocemos que hicieron un esfuerzo enorme para el conocimiento en su región.

Agradecimientos con el alma a Javier, Manuel, Uberney, Alberto, Víctor y Henry que acompañaron a geólogos en sus recorridos. A Jorge por mostrarnos donde aparecen las rocas y salen las aguas.

El coordinador del trabajo expresa también su inmenso agradecimiento por la alegría, la valentía y la persistencia de José Antonio.

En Bogotá agradecemos las prontas respuestas a nuestras entrevistas, el envío de información y resultados importantes que contribuyeron sustancialmente a mejorar y a

completar el conocimiento y los registros biológicos relacionados directamente con el área en estudio. Agradecemos la disposición y generosiad de:

- Luisa Fernanda Ricaurte L.F. PhD Environmental Sciences. Wetland scientist. Freelance-Consultant.

- Úrsula Jaramillo Villa, Investigadora del programa de gestión territorial del Instituto Alexander von Humboldt.

- Dairon Cárdenas López, Coordinador Programa de Ecosistemas y Recursos Naturales y Curador-Director Herbario Amazónico Colombiano COAH.

- René López Camacho, Profesor de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Javier García Villalba, profesor de la Universidad de la Amazonía, Experto en el grupo de mamíferos.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es el resultado de un levantamiento socioambiental rápido en veredas de los municipios de Valparaíso y Morelia y de la revisión de los estudios ambientales remitidos por la petrolera Emerald Energy a las autoridades ambientales en el proceso de obtención de liciencia ambiental para realizar la exploración de petróleo. El proceso de exploración, que puede terminar en la explotación petrolera, inicia con una perforación exploratoria en de un área particular (APE) ubicada dentro del bloque y por ello, se pretende con este informe técnico y con una cartilla para los pobladores, brindar elementos técnicos para la identificación de posibles impactos y daños ambientales relacionados con el proyecto hidrocarburífero.

El proyecto petrolero en su fase de exploración prevé adelantar las siguientes actividades dentro del Área de Perforación Exploratoria (APE):

- Adecuación y mantenimiento de vías existentes, construcción de vías de acceso a las plataformas, construcción de 10 plataformas multipozo; cada plataforma estará ubicada en una superficie de 6,5 hectáreas y desde cada una de ellas se perforarán cinco pozos, para un total de 50 pozos exploratorios; áreas de aspersión o infiltración de aguas tratadas, áreas para el almacenamiento temporal de residuos, áreas para el manejo de cortes, área para el montaje de facilidades requeridas durante las fases de exploración y pruebas extensas. El área para la construcción de cada plataforma es de 6,5 hectáreas y se prevé construir diez plataformas, es decir, en total ocuparan unas 65 hectáreas; sin embargo, se lee en el numeral 3.1 (capítulo 3), que “el área de perforación exploratoria ocupa un área de 19.762 hectáreas”, cifra que no concuerda con el estimado anterior.

Los pozos exploratorios pueden usarse para explotación (denominadas actividades extensas de producción), y se construirán también pozos para la inyección de aguas y exploración de aguas subterráneas; instalación de infraestructuras tempranas de producción para almacenamiento y tratamiento, sistemas de generación de energía, interconexión eléctrica entre plataformas, paneles solares, instalación de teas para el manejo del gas proveniente de los procesos de perforación y pruebas de producción, construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales, incluidas aguas asociadas de la formación petrolera, construcción e instalación de las infraestructuras para el proceso de inyección de vapor en los pozos perforados buscando mayor producción de crudo,

Para el transporte de fluidos, la compañía planea la construcción de líneas de flujo para el transporte de crudo, agua, gas y mezclas de fluido multifásico enterradas o en superficie de hasta 10 pulgadas de diámetro. Se plantea una multitud de líneas de flujo para el fluido procedente de las plataformas exploratorias hasta la prueba temprana de “producción”, agua para el generador de vapor, conducción de vapor, conducción de emulsión, líneas de prueba y de agua de producción para la inyección.

Transporte de crudo y/o agua de producción por carro tanques entre los campos aledaños operados por Emerald Energy Colombia (EEC); adquisición de material de construcción a través de terceros con permiso ambiental y minero vigente.

Se trata de un proyecto de gran envergadura con pretensiones exploratorias, pero que incluye una primera fase de producción llamada prueba extensa de producción. ¿Qué implicaciones tiene para el territorio un proyecto de estas dimensiones?

Este proyecto ha chocado con la oposición de las comunidades campesinas que se han opuesto a actividades de prospección ya llevadas a cabo tales como la exploración sísmica y la perforación estratigráfica. Con el fin de apoyar con elementos técnicos a las comunidades, la Corporación Terrae realizó a solicitud de la Vicaria del Sur – Diócesis de Florencia y con el apoyo de Cáritas Alemana, un estudio técnico independiente en el cual se revisaron los estudios ambientales de la empresa y se tomó y analizó información de terreno, la cual incluyó no solamente el conocimiento técnico formal sin también el conocimiento campesino.

Luego de la revisión crítica de los estudios ambientales de la empresa, un equipo de profesionales de Terrae, con la ayuda y acompañamiento de campesinos de la región, realizaron una salida de campo de 8 días, entre el 2 y el 9 de agosto de 2017, en zona rural de los municipios de Morelia y Valparaíso. Durante esta jornada se recolectó información relacionada con cada uno de los componentes evaluados en el presente convenio. Posteriormente se trabajó en oficina, laboratorio, bibliotecas (virtuales y reales) de institutos de investigación, entidades públicas y universidades para poder generar un informe que contrasta y complementa la información primaria adquirida con el avance en el estado del arte de los diferentes componentes abordados, teniendo como eje articulador y bien priorizado, el agua.

Lo ambiental

Es bien conocido el impacto ambiental que generan la exploración y explotación de hidrocarburos líquidos o gaseosos. Quizá el documento oficial compilatorio más reciente a nivel internacional es el generado por la Government Accountability Office-GAO[1], que en su informe al Congreso estadounidense en 2012 señaló que:

> (…) *la extracción de gas y petróleo, tanto de yacimientos convencionales como no convencionales, genera riesgos tanto en la salud humana como en el ambiente y que la extensión de dichos riesgos se desconoce, en parte a causa que los estudios revisados generalmente no toman en cuenta los efectos potenciales y acumulativos en el largo plazo. Además, la severidad de los efectos adversos depende de su ubicación y de factores específicos que incluyen (…) geología, clima, prácticas empresariales y actividades regulatorias y de control (…)"*

La GAO (op cit.) establece que la extracción de gas o aceite genera riesgos sobre las aguas superficiales y subterráneas por la extracción de aguas de corrientes, lagos y acuíferos, la cual puede afectar de manera negativa las fuentes de agua en cuanto a su cantidad. La extracción extensiva de aguas para dichas operaciones puede abatir los niveles freáticos y afectar manantiales y corrientes de agua superficial que se alimenten de ellos, así como a comunidades humanas.

En Colombia estos aspectos han sido denunciados entre otros por la Contraloría General de la República en su función de advertencia ante la exploración y posible explotación de

[1] GAO (2012). Information on Shale Resources, Development, and Environmental and Public Health Risks. Report to Congressional Requesters. United States Government Accountability Office.

yacimientos no convencionales de hidrocarburos mediante fracturamiento hidráulico y muy particularmente en el informe de seguimiento a la función de advertencia hecho por dicha entidad en noviembre de 2014, pero es evidente que el debate sobre la exploración y la explotación petrolera debe trascender el tema del *fracking*, dados los grandes impactos ambientales, sociales, culturales y económicos que ha representado la actividad petrolera de extracción de yacimientos convencionales en Colombia.

Si bien son pocos los trabajos de evaluación independiente sobre los impactos de los hidrocarburos, ya existe una base técnica que comprueba que la contaminación de aguas, suelos y ecosistemas en zonas petroleras en Colombia existe (Avellaneda[2], 2009; Peláez[3], 2013; CGR, 2014; Fierro Morales, 2015[4]; Fierro Morales[5], 2016; Malagón[6], 2017), pero no se ven esfuerzos en las entidades reguladoras por aumentar los requerimientos a las empresas y la contaminación, y por lo tanto las externalidades negativas hacia el ambiente y la sociedad continúan.

En ese contexto de preocupación por la calidad de sus aguas, grupos campesinos y urbanos del Caquetá se han opuesto a la exploración y explotación petrolera, pero han recibido de la institucionalidad una respuesta represiva a sus reclamos. No obstante, algunos grupos sociales y no gubernamentales apoyan la organización campesina y han venido construyendo argumentos técnicos y jurídicos para llamar la atención sobre la amenaza en que se constituyen las actividades petroleras para los ecosistemas y la sociedad. La Vicaría del Sur es uno de las organizaciones más activas y presentes de apoyo a los campesinos y ha contratado con la Corporación Terrae un apoyo técnico que tienen dos ejes principales: i) la evaluación independiente de los estudios ambientales presentados por la petrolera Emerald Energy a través de la consultora C&MA y, ii) el levantamiento socioambiental rápido de las características del territorio donde se pretenden adelantar las actividades de exploración.

El estudio de impacto ambiental revisado (ver documento *Evaluación de la información remitida por Emerald Energy y C&MA y normativa ambiental correspondiente*) adolece de falta de rigor técnico para abordar los componentes geoambientales (geología, geomorfología, geotecnia, hidrogeología, sismicidad e hidrología), ecosistémicos (flora y fauna) y socioculturales y económicos, con deficiencias de investigación de referencia, así como en la recolección de información básica necesaria para definir una línea base ambiental. En este documento también se mostrarán, de manera detallada en cada componente, omisiones que permiten plantear que la empresa Emerald Energy no puede asegurar la gestión de los impactos ambientales pues no conoce de manera detallada y profunda el territorio que pretende intervenir.

[2] Avellaneda, A. (2009). Petróleo e impacto ambiental en Colombia. Revista de la Universidad Nacional (1944-1992), 6(24), 21-28.
[3] Peláez, M. (2013). Evaluación del estrés abiótico en brachiaria spp. inducido por bioacumulación de cadmio y plomo, en una zona aledaña al corredor petrolífero de Barrancabermeja (Colombia). Tesis Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados. Palmira, Colombia
[4] Fierro Morales, J. (2015). Las presiones sectoriales sobre las áreas protegidas. Informe interno Dirección territorial Orinoquia - Parques Nacionales Naturales
[5] Fierro Morales, J. (2016). Informe sobre el proceso de licenciamiento ambiental del proyecto de explotación petrolera en el corredor Puerto Vega – Teteyé (Puerto Asís, Putumayo). Mesa minero-ambiental
[6] Malagón Navarro, Juan Pablo (2017) Análisis hidrogeoquímico-multivariado del agua subterránea del sistema acuífero del Valle Medio del Magdalena – Colombia. Maestría, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.

Se omiten, tanto en los términos de referencia, como en el desarrollo de los estudios y en todo el proceso de licenciamiento, principios ambientales generales como el carácter de protección que es obligatoria en las zonas de recarga de acuíferos o la destinación prioritaria del agua para el consumo humano, lo cual conllevaría el incumplimiento del artículo 1° de la Ley 99 de 1993.

Es evidente que no se cuenta con información suficiente que permita a la autoridad ambiental la toma de decisiones sobre el licenciamiento ambiental, puesto que la falta de información clave, no permite identificar la totalidad de los impactos y por lo tanto impide su gestión, produciendo eventuales deterioros graves y generando la probabilidad de configurar daños y pasivos ambientales, en particular cuando la información omisiva detectada por este trabajo, se relaciona con elementos geológicos (acuíferos someros y las aguas en ellos contenidas) que se constituyen en elementos no renovables del sistema, así como con las aguas, que son el elemento vital por excelencia, tanto para los ecosistemas como para los humanos que viven de ellos. No es posible que con estos soportes técnicos se pueda arriesgar a la contaminación y a las innegables tensiones sociales a una comunidad campesina tradicionalmente afectada por la violencia política.

Al ser los estudios incompletos y omisivos, no es posible establecer un plan de manejo ambiental que efectivamente gestione los impactos y efectos ambientales. En este sentido, es posible que existan muchos impactos ambientales posibles que no han sido detectados de manera previa y por lo tanto no exista una "ficha" de manejo ambiental. Dichos impactos no detectados son considerados en la normativa nacional e internacional como Pasivos socioambientales, que suelen ser asumidos por las naciones y en particular por los pobladores de las áreas de influencia.

Lo social

La gran mayoría de las comunidades de la zona que hace parte del APE Nogal están en contra de la actividad petrolera en su territorio. "No existe en el mundo entero una sola explotación petrolera que no afecte el medio ambiente, no la han inventado. Mágicamente no se puede extraer el petróleo entonces cualquier forma de extracción que se haga es perjudicial para el medio ambiente y para nosotros"[7], comentó un campesino de 55 años que vive en la vereda Bolivia. Un campesino de 50 años de la vereda La Cándido, comentó que una de las razones que les dan a la comunidad para que no se opongan a estos proyectos, es el empleo. Sin embargo, él plantea que "la actividad petrolera no beneficia a los campesinos porque en el trabajo no calificado pagan muy mal", y además no es un ingreso estable ya que una vez se acaba el proyecto se acaba el trabajo[8]. Algo similar plantea una campesina de 24 años de la vereda Bolivia, "Al llegar ellos pues traerán su dinero y traerán muchas cosas y corromperían a la gente, la gente ya no trabajaría por el mismo sueldo si no que se iría con ellos a trabajar. Dejarían sus fincas abandonadas"[9].

Muchas familias de las comunidades aseguran que si este proyecto petrolero siguiera adelante, se irían de sus fincas. "Nosotros pensamos que si se llega a dar el proyecto ese dejamos botado todo, si no se puede hacer nada dejamos botado todo. Se ha hablado

[7] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá.
[8] ENTREVISTA. 5 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá.
[9] Ibid.

eso en la Junta y en las otras veredas"[10], manifestó un campesino líder de la vereda la Reforma. Otro campesino de esta misma vereda planteó: "Todo lo que nosotros tenemos, el trabajo de toda la vida, lo tenemos invertido aquí. En un futuro si ellos [Emerald Energy] llegaran nos quedaríamos sin nada"[11]. Los proyectos petroleros "afectan directamente a todas las comunidades, vienen a contaminar las fuentes hídricas, el medio ambiente, a destruir las tierras"[12] plantea un campesino de 46 años de la vereda la Florida.

Las comunidades temen que con la actividad petrolera en su territorio, los nacederos se sequen y que el agua que quede para consumir ya quede contaminada. La importancia del agua en este territorio es también un eje de los entes departamentales. De hecho, uno de los fundamentos del Plan de Desarrollo Departamental 2016-2019 es "el agua como elemento fundamental de vida", donde se plantea que "el agua es un elemento indispensable para el desarrollo económico y social y por lo tanto los esfuerzos de inversión se deben orientar a la protección, conservación y uso sostenible de los ecosistemas que los generan"[13]. Por esta razón, el agua fue el eje de la resistencia a los proyectos petroleros.

Cuando se supo que llegaría Emerald Energy a la zona, en el año 2014, la Vicaría del Sur decidió iniciar jornadas de capacitación en las veredas de Morelia y Valparaíso, donde la gente hacía preguntas y se enteraba de lo que éste proceso acarrea[14]. Se les daba así herramientas para tomar decisiones, herramientas que la comunidad manifestó no recibir de los procesos de socialización de C&MA, empresa consultora ambiental de Emerald Energy. Durante el DRP que se llevó a cabo en Morelia, campesinos de las veredas de Bruselas, Cándido, Bolivia y Reforma, plantearon que durante los procesos de socialización de C&MA y Emerald Energy "la comunidad siempre estuvo en contra, la empresa no era clara con el proyecto, pero sí prometían desarrollo, escuelas, mejorar las vías y dar trabajo"[15], pero muchos campesinos, la gran mayoría de estas comunidades, mantuvieron su posición.

El 15 de mayo de 2015, la comunidad rural de Valparaíso, y algunos de la comunidad rural de Morelia, deciden bloquear el puente de la quebrada La Cacho, en la vereda la Florida, para que no pueda pasar la maquinaria del pozo estratigráfico[16]. "En 2015 nos levantamos en marcha pacífica porque no fuimos escuchados, hicimos llamados de atención a la alcaldía, a la gobernación, a los gobiernos de turno", comentó un campesino de la vereda La Florida, y planteó que cuando acudieron a estos entes la respuesta recibida fue "que eso es directamente de orden nacional, que no podían hacer nada"[17]. Durante este proceso, las comunidades coincidieron en que el símbolo de la resistencia en ese momento fue una persona que se encadenó al puente, y durante los días que estuvieron allí fue relevado por otros. Los vecinos de las casas cerca, se organizaron para

[10] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda la Reforma, Valparaíso, Caquetá
[11] Ibid.
[12] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá
[13] GOBERNACIÓN DE CAQUETÁ. 2016. *Plan departamental de desarrollo Con usted hacemos más por el Caquetá, 2016-2019*. Pág 11
[14] Comunicación personal. 7 de agosto de 2017. Vereda la Reforma, Valparaíso, Caquetá
[15] Taller de cartografía social, Diagnóstico Rural Participativo. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur.
[16] Información recogida en diferentes escenarios durante la visita de campo
[17] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaiso, Caquetá

cocinar y llevarles comida, abrigo, y apoyo durante los días y las noches que pasaron en el puente[18].

Durante el bloqueo se llevaron a cabo reuniones entre delegados del Ministerio de Interior, algunos líderes comunitarios, "las autoridades del departamento y del municipio, y otros actores estratégicos como Corpoamazonía, la Universidad de La Amazonía y la Vicaría del Sur"[19], pero no se llegó a ningún acuerdo. El bloqueo continuó y el 25 de junio de 2015, Policía ordenó el ingreso del ESMAD, al cual se le ordenó permanecer 2 meses en la zona[20]. Las comunidades manifestaron que a partir de ese momento en que llega el ESMAD, inician los atropellos más fuertes. Muchos campesinos manifestaron que los cercos de sus fincas fueron destruidos por el ESMAD y la Policía, y que algunos de sus animales fueron heridos. Más aún, hay casos denunciados de violencia por parte del ESMAD y del ejército.

Un campesino de la vereda La Florida resultó herido el 30 de junio de 2015, cuando la comunidad se encontraba bloqueando el ingreso de maquinaria.

> *Ingresó la fuerza pública, Ejército, ESMAD y nos cogieron a cilindros de gases lacrimógenos, bombas aturdidoras y todo. Ellos botaban cilindros indiscriminadamente, y me botaron uno aquí en la frente. Gracias a dios y a la gente que me sacaron de allá, porque según dicen -yo no me di cuenta, yo quedé inconsciente- que ellos me siguieron agrediendo en el piso. Los compañeros me sacaron y me llevaron para Valparaíso, estuve hospitalizado 15 o 20 días. Recobré el conocimiento como a los 2 días. Eso hay una demanda contra eso, lo está llevando un abogado. Me cogieron 25 puntos, el hueso tiene una fisura. Cuando ya volvió el conocimiento, yo no podía mirar. Dure más o menos como una semana donde yo no podía mirar nada. Y yo duré más o menos dos meses que no me podía levantar, porque me caía, me tocaba agarrarme de algo (...) Según me dicen mi esposa y mis hermanas, que había mucha ley [en el hospital]: Policía, ejército.*
>
> *Pero esto para mi vida cotidiana me afectó mucho. Yo no pude volver a trabajar como trabajaba antes, con los rayos solares ya no puedo trabajar. Lo principal (que dijeron los médicos) es no asolearme. Los hijos de todas maneras están estudiando entonces seguimos trabajando en la finca. Todavía me afecta eso. No queremos que vuelva a llegar a ese punto*[21].

Este es uno de los casos más emblemáticos de ese año para la comunidad. Según cuentan otros campesinos de la Florida, durante ésta época la policía y el ejército realizaba retenes constantemente y rodeaban las fincas.

El año 2016, se presentaron otra serie de manifestaciones por parte de la comunidad en rechazo a la realización de la sísmica. En la Personería y en la Defensoría del Pueblo se

[18] Esta información fue recogida en diferentes conversaciones y comunicaciones durante el trabajo de campo, entre el 3 y el 7 de Agosto de 2017

[19] MINISTERIO DE MINAS, ANH, MINISTERIO DE INTERIOR, ECOPETROL & PNUD. 2016. *Diagnóstico de la conflictividad social. Estrategia Territorial para la gestión equitativa y sostenible del sector Hidrocarburos.* Pág. 24

[20] MINISTERIO DE INTERIOR. Junio de 2015. *Estrategia Territorial de Hidrocarburos. Informes semanales de actividades.* [Consultado el 25 de agosto de 2017] Disponible en: http://eth.mininterior.gov.co/informes-semanales

[21] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá

registraron varias denuncias de la comunidad de atropellos por parte de la fuerza pública y, según la información allí consignada, por parte de algunos integrantes de las empresas. "*El año pasado [2016], cuando estuvieron haciendo la sísmica, a mi esposo lo amenazaron miembros de la petrolera, uno de ellos le dijo que lo iban a matar si se metía*"[22], manifestó una campesina de la vereda Bolivia. Cuando se le preguntó si denunciaron este hecho, comentó que no lo hicieron ya que temían repercusiones (se anexan documentos)

Una de las denuncias interpuestas en la Defensoría del Pueblo fue hecha por un campesino adulto mayor en la vereda La Cándido. Según su testimonio él estaba revisando el ganado de una finca en la noche del 8 de julio de 2016, en ese momento vio integrantes del ejército y se asustó por lo que salió a correr:

> *Cuando me alcanzaron y me tumbaron y me pegaron, cuando llega el ESMAD y me pega con el bolillo en la ceja derecha dejándome una cicatriz muy notoria. Incluso de las personas que me pegaron era uno de los petroleros, me capturan sin leerme los derechos (...). También me robaron los aperos del caballo, una navaja, todo el cerco lo destruyeron [sic], después me cogieron y me amarraron y me echaron [sic], a la piraña y me llevaron a Valparaíso y nos sacaron foto y me trajeron en una camioneta blanca para Morelia*[23].

Otro de los casos emblemáticos de la resistencia sucedió el 15 de agosto de 2016. Un campesino de la Florida que fue herido en el hecho, cuenta que unos 30 campesinos fueron a la vereda Lusitania, en donde ingenieros de Petroseismic, empresa de servicios de Emerald Energy, estaban haciendo labores de sísmica, y la intención de ellos era decirles que no los querían en la región y que se fueran de allí. En ese momento llegó el ESMAD y los campesinos decidieron irse. Cuenta que en ese momento fueron hacia un humedal para alejarse del ESMAD, y fueron hacia donde había otras personas de la empresa trabajando en la línea:

> *Por toda la línea había ejército. Un sargento gritaba por allá: captúrenlos. Y nadie se dejaba capturar y seguían hablando entonces él se vino. A lo que él llegó donde estábamos nosotros dijo: 'Cuál es el líder aquí'. Todos dijimos: 'Todos, todos somos líderes'. Y ahí dijo: 'El hijuetantas que se deje coger es el culpable'. A lo que ya la gente no se dejó coger, el dio la orden que dispararan (...). Y entonces de pronto se formó la balacera ahí tan tremenda, ellos hacían una cantidad de tiros a los pies (...).*
> *A lo que yo iba corriendo yo sentí que "tan", que algo me dio aquí (se señala en la espalda baja al lado derecho). Sentí como un ardorsito pero no fue mucho (...). Cuando ya pasé el puente, alguien ya mi miró y dijo: 'No pues este huevón de Wilson va herido'. Ahí sí mandé mano y ya sangré*[24].

Cuenta que cuando iba en la ambulancia el ejército los detuvo y pidieron verlo, pero que la enfermera no lo permitió. Posteriormente en el hospital también llegó el ejército y la

[22] ENTREVISTA. 5 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá
[23] Formato Defensoría y Personería. Morelia, Caquetá.
[24] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá

policía. En las radiografías que le hicieron aparece la bala, que le atravesó el colon. Él y su familia hicieron una denuncia en la Fiscalía y ahora está en procesos una demanda[25].

Los campesinos de las veredas de Valparaíso también comentaron que en 2015 la guerrilla los hizo ir a una reunión, apenas comenzaron la resistencia contra la exploración petrolera. Cuentan que allí asistieron delegados de la JAC, y que en la reunión les dijeron que debería permitir la entrada de las petroleras ya que así se opongan igual el proyecto va a suceder. “A lo último dijeron: Ustedes verán, nosotros ya recibimos lo de nosotros”[26], manifestó un campesino que asistió.

Como se puede evidenciar, la presencia de la empresa Emerald Energy y sus empresas contratistas han causado bastantes alteraciones y perturbaciones en sus vidas, su territorio, sus relaciones, y su fuente de trabajo. Sin embargo, ellos siguen unidos, trabajando como comunidad, con el objetivo de seguir viviendo su vida campesina.

[25] Ibid.
[26] Ibid.

2. COMPONENTE GEOAMBIENTAL

En este componente, el eje fundamental es el agua, la cual articula el conocimiento ambiental de la geología, la geomorfología y los suelos, así como la complejidad alrededor de la interacción de las aguas superficiales entre ellas (ríos, quebradas, humedales) y con las subterráneas.

Los materiales que conforman el subsuelo en el territorio son predominantemente finos: arcillas y limos, con algunos niveles arenosos y de conglomerados. Con ello, podría pensarse en pocas posibilidades del movimiento de aguas subterráneas no profundas (es posible que se tengan centenares de metros con este tipo de materiales). No obstante, el trabajo de campo, la existencia de innumerables manantiales y de rezumaderos y la interpretación de imágenes digitales lleva a plantear la gran importancia de las fracturas que afectan las secuencias rocosas, fracturas que no fueron siquiera identificadas en los estudios de la empresa petrolera. Pero los trabajos adelantados por Terrae demuestran que las aguas subterráneas no profundas están influenciadas por las fracturas pero también se relacionan con poros en rocas y en suelos que se evidencian en una gran cantidad de manantiales y nacederos con aguas que provienen de la infiltración en las zonas de lomerío.

Por otra parte, la geomorfología muestra que las pendientes de buena parte del territorio son muy suaves, no solamente las de llanuras aluviales, sino también de los vallecitos que entallan las lomas, los cuales contienen humedales y chuquiales que son muy importantes en la regulación anual del ciclo de las aguas, pues facilitan la infiltración durante todo el año.

Los ríos grandes vienen de la cordillera y se relacionan de manera compleja con las quebradas, rebalsándolas en las crecientes y haciendo que se comporten como humedales en las épocas de crecientes y generando desbordes de todo el sistema (ríos y quebradas) que alimentan los humedales. Para épocas secas, la evaporación del agua en suelos y humedales genera lluvias locales que son la principal fuente de recarga del sistema. La complejidad de este comportamiento genera una interrelación entre lluvias y recargas en la cordillera, lluvias y recarga dentro del territorio y suelos y rocas como repositorio y regulador de medianos y largos plazos. Se verá que el ciclo del agua superficial se relaciona con las selvas involucrando de esta manera todo el geoecosistema.

Los movimientos de las aguas a través de los diferentes contenedores (rocas, suelos, ríos, quebradas, humedales y selvas) dejan marcada una huella química, particularmente fuerte cuando se relaciona con suelos y rocas. Los suelos de la zona y la parte más superior de la secuencia rocosa, por sus características físico-químicas y por el patrón de lluvias de la zona, son muy ácidas, razón por la cual las aguas que se infiltran y recorren el subsuelo menos profundo, también lo son. Por lo demás, la mayor parte de las características físicas y químicas que han sido medidas en las aguas demuestran que son de buena calidad, a pesar de las intervenciones humanas (agricultura, ganadería y poblamiento humano) que se han dado en el territorio.

2.1 Geología

Dada la ausencia de información detallada de la geología superficial, fundamental en la evaluación de impactos en el territorio, el levantamiento de línea base realizado en campo y presentado en este informe, se centró en dicho aspecto y en su relación con la dinámica del agua. Se incluyó caracterización textural y geoquímica de suelos residuales y de rocas, así como la medición sistemática de fracturas en los afloramientos que existen en la zona de estudio.

2.1.1 Marco teórico

2.1.1.1 Aguas subterráneas y geología superficial

El agua subterránea está íntimamente relacionada con los materiales que componen el suelo y el subsuelo, en tanto que sus recorridos y dinámicas dependen de la capacidad de almacenamiento y permeabilidad[27] de los mismos. A su vez estas condiciones están determinadas por la porosidad[28] de las rocas o el suelo, y de su interconexión, de la siguiente manera:

Cuando existen espacios vacíos entre los granos que componen las rocas o el suelo, se habla de una porosidad intergranular (común en rocas sedimentarias, formadas en el mar o en los ríos), que es mayor cuando dichos granos son del mismo tamaño (Figura 1). En caso de que el material tenga granos de distintas dimensiones, la porosidad se disminuye (Figura 2). Sin embargo, la existencia de poros o su alta cantidad no garantiza interconexión entre ellos, y tampoco permeabilidad. Así, es usual que aunque los materiales de grano muy fino (tamaño arcilla[29]) tengan alta porosidad, posean baja permeabilidad, mientras que los materiales más gruesos (limos y arenas) sean más permeables.

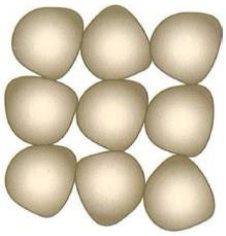


FIGURA 1.POROSIDAD INTERGRANULAR CUANDO LOS GRANOS TIENEN EL MISMO TAMAÑO, LA POROSIDAD ES ALTA
TOMADO DE MARTÍNEZ, *ET* AL., 2006[30]

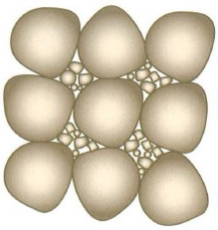


FIGURA 2.POROSIDAD INTERGRANULAR CUANDO LOS GRANOS TIENEN TAMAÑOS DIFERENTES, LA POROSIDAD ES BAJA
TOMADO DE MARTÍNEZ, *ET* AL., 2006

[27] Se entiende la permeabilidad como la capacidad de un material de transmitir fluidos (agua, aire, hidrocarburos) a través de ellos. En el caso de considerar agua se puede hablar de conductividad hidráulica.
[28] La porosidad se refiere a la cantidad de espacios vacíos que hay entre los constituyentes de un material, y que pueden ser ocupados por un fluido.
[29] El nombre de las partículas de un material responde a su tamaño. Así aquellas menores a 0,002mm se denominan arcillas, las que están entre 0,002 y 0,031mm se llaman limos y las que están entre 0,031 y 2mm corresponden a arenas. Tamaños más grandes dan lugar a gravas, cantos y bloques. Cuando hay granos grandes (más gruesos que arena) dentro de una matriz fina, se tienen conglomerados.
[30] Martínez Alfaro, Martínez Santos, & Castaño Castaño, (2006). *Fundamentos de Hidrogeología*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa

Cuando no se tiene porosidad intergranular, puede presentarse porosidad por disolución (Figura 3) o por fracturamiento (Figura 4). Ambas responden a procesos posteriores a la formación de los materiales, y según el desarrollo de cada uno de estos fenómenos, se puede aumentar la interconexión de poros y la permeabilidad del suelo o la roca.

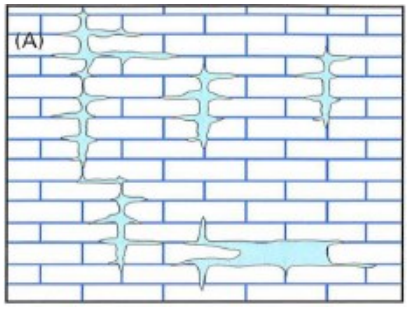


FIGURA 3.POROSIDAD POR DISOLUCIÓN
TOMADO DE MARTÍNEZ, *ET* AL., 2006

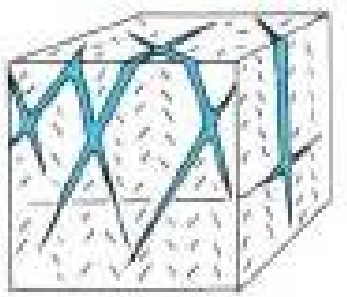


FIGURA 4. POROSIDAD POR FRACTURAMIENTO
TOMADO DE GADO, 2006[31]

Es importante mencionar que en ocasiones, las fracturas que aumentan la interconexión de poros y permiten el paso de fluidos a través de los materiales, pueden crear caminos comunes entre fluidos de diversas profundidades cuando atraviesan las diferentes capas dispuestas en el subsuelo.

Así, resulta fundamental tener en cuenta las características mencionadas anteriormente para evaluar la capacidad de los suelos y las rocas de permitir el flujo y/o almacenamiento de agua, ya que existen variaciones según el tipo de material, los procesos a los que se haya visto expuesto, y su distribución en el espacio.

2.1.2 Metodología

Con ayuda de la comunidad y diversos grupos sociales representados por la Vicaría del Sagrado Corazón de Jesús en Morelia, en zona rural de los municipios de Morelia y Valparaíso, en la que se recolectó información según las necesidades del equipo técnico, dividido en varios componentes: socioeconómico (organización social, actividades económicas), biótico (fauna y flora) y abiótico, compuesto a su vez por los equipos de geología y geomorfología (suelos y paisaje), hidrogeología (agua subterránea), hidrología (agua superficial) y calidad de aguas (características químicas de agua subterránea y superficial).

Dentro del componente abiótico, las características geológicas y geomorfológicas de una región constituyen la base de la configuración de un territorio, en tanto determinan dinámicas del agua y sostenimiento de ecosistemas y actividades humanas. Así, su entendimiento requirió de la toma de datos en campo y un posterior procesamiento en oficina.

2.1.2.1 Fase de preparación del campo

El componente de geología estableció áreas de interés de acuerdo con la información presentada por la empresa Emerald en el EIA en temáticas de suelos y geología, buscando generar información propia susceptible de ser comparada con la de la petrolera

[31] Gobierno Autónomo Departamental de Oruro, Bolivia (Mayo de 2013). *Conceptos básicos de hidrología subterránea*. Oruro, Bolivia

y útil en términos de resaltar y detectar las omisiones o inconsistencias existentes en los estudios ambientales presentados para obtener la licencia.

Se planteó un cronograma enfocado en reconocimiento de unidades geológicas y geomorfológicas, ya que se identificó que para la empresa Emerald los mapas de geología y geomorfología resultaban completamente coincidentes, de lo cual se pueden inferir debilidades conceptuales.

Desde Bogotá se programaron recorridos y posibles puntos o zonas de control que fueron redefinidas o concretadas con ayuda de los campesinos de la región en un taller que tuvo lugar en la sede de la Vicaría en Morelia, el 3 de agosto de 2017.

Finalmente, con el conocimiento local del territorio y de las condiciones de accesibilidad, se estableció un plan de trabajo óptimo para las condiciones de tiempo y presupuesto, que permitió levantar información geoambiental independiente, en los puntos señalados en el siguiente mapa (Ver Anexo 1).

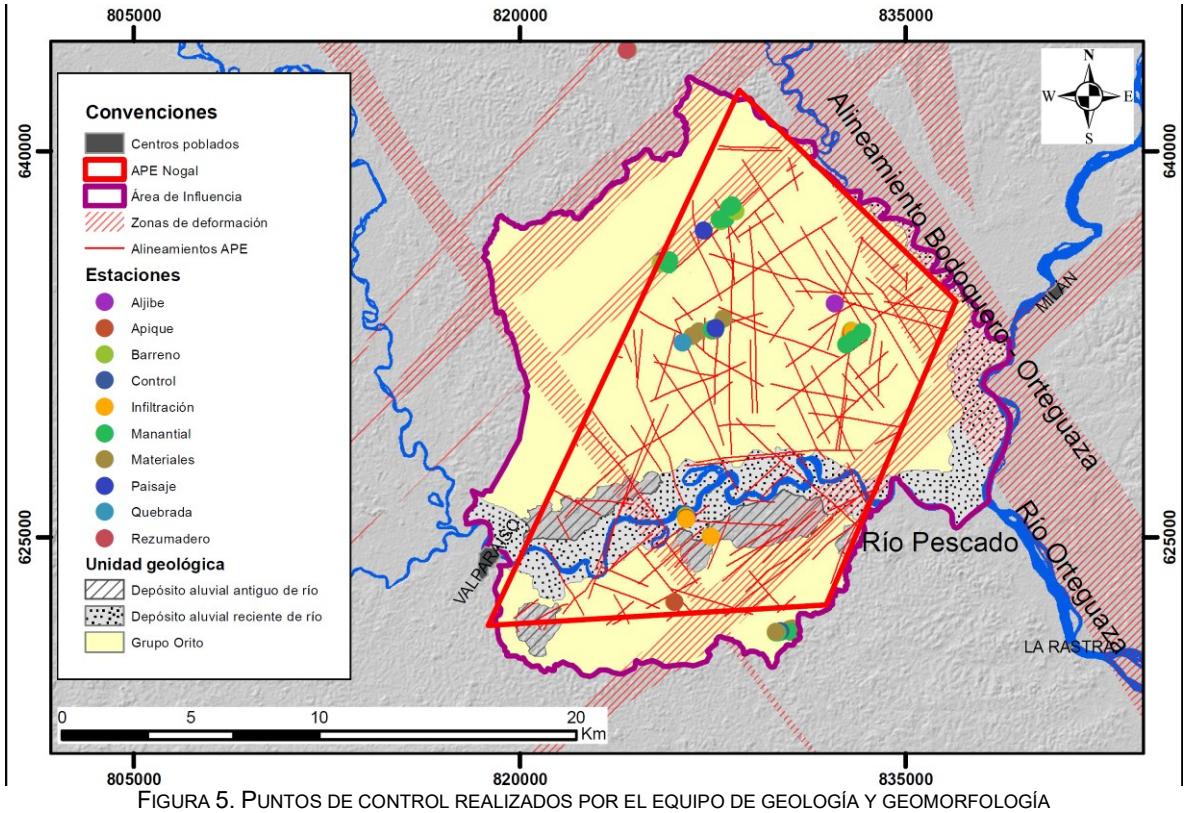


FIGURA 5. PUNTOS DE CONTROL REALIZADOS POR EL EQUIPO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA
SE REALIZARON DIFERENTES TIPOS DE CONTROL, INCLUYENDO PRUEBAS DE INFILTRACIÓN, CONTROL LITOLÓGICO, DESCRIPCIÓN DE SUELOS, CARTOGRAFÍA DE MANANTIALES, MEDICIÓN DE PENDIENTES Y OBSERVACIÓN DE PROCESOS MORFODINÁMICOS
ELABORACIÓN PROPIA

2.1.2.2 Recolección de datos en campo

Para el caso del levantamiento rápido de información de línea base, el componente geológico se centró en identificar el tipo de materiales (sedimentos, suelos y rocas) presentes en el área de perforación exploratoria APE El Nogal, y sus diferentes

características (distribución espacial, fracturamiento, permeabilidad, composición, entre otras), para lo cual llevó a cabo un control de campo mediante puntos o estaciones georreferenciadas con uso de GPS[32], en las que se siguió uno de los tres procedimientos descritos a continuación, de acuerdo con las características del terreno y la disponibilidad de tiempo:

1. Descripción de afloramientos o lugares en los que los suelos o las rocas de una región estaban expuestos, como cortes de vías, paredes de ríos o quebradas, y laderas sin vegetación (Fotografía 1).
   Fueron apropiados para la caracterización de rocas, al permitir la medición sistemática de discontinuidades estratigráficas y tectónicas con brújula tipo Clar, la definición del espesor de las capas, caracterización de materiales (forma, color, permeabilidad, composición, etc.) y recolección de muestras.
   En general, la información obtenida en cada uno varió según las condiciones y la calidad de los mismos, determinada por el grado de alteración del material, la presencia de vegetación y la accesibilidad.



FOTOGRAFÍA 1. AFLORAMIENTO
AFLORAMIENTO EN CORTE DE VÍA DONDE SE OBSERVA LA ROCA FRESCA. LÍMITE ENTRE VEREDAS SANTA ROSA ALTO Y SAN MARCOS, EN LA VÍA QUE CONDUCE A AGUASCALIENTES

2. Realización de barrenos o perforaciones poco profundas en el suelo (con barrenos tipo holandés), cuando no había afloramientos cercanos.
   Con este procedimiento fue posible caracterizar suelos (textura, color, plasticidad, permeabilidad, etc.), dar un estimado de su profundidad y tomar muestras. Sin embargo, debido a sus limitaciones metodológicas, no se tomaron datos estructurales ni se analizó material rocoso (Fotografía 2, Fotografía 3).

[32] Se utilizó un GPS Garmin 64s, con datum y esferoide WGS84



FOTOGRAFÍA 2. OBTENCIÓN DE BARRENO
REALIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN CON EL EQUIPO ADECUADO



FOTOGRAFÍA 3. RESULTADO DEL BARRENO
MUESTRAS OBTENIDAS TRAS REALIZACIÓN DE PERFORACIÓN

3. Excavación de apiques o calicatas de dimensiones cercanas a 1mx1m de área y 2 metros de profundidad, que variaron de acuerdo al tipo de material y a la presencia del nivel freático (Fotografía 4).
   Fueron apropiados para caracterizar suelos, observar estructuras de los mismos, identificar variaciones del nivel freático y tomar muestras.



FOTOGRAFÍA 4. APIQUE
EXCAVACIÓN QUE PERMITE ANALIZAR LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Algunas de las muestras se enviaron al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, con carácter de "suelo inalterado" y requerían de un procedimiento especial para su recolección: debían recolectarse 3 muestras del mismo horizonte, en cilindros de PVC, de un diámetro de 6 cm y una altura de 8 cm aproximadamente, cuidando de no inducir fracturas en los bordes de los cilindros (Fotografía 5).



FOTOGRAFÍA 5. MUESTRAS DE SUELO PARA LABORATORIO
MUESTRAS DE SUELO INALTERADO EN CILINDROS DE PVC

Cabe resaltar que la medida de orientaciones, tanto de estratos rocosos como de fracturas, requirió el uso de brújula; la medida de espesores, de cinta métrica o bastón de Jacob; y la descripción de muestras, del uso de lupa de aumentos de 10x y 20x, tabla de colores de Munsell, navaja o rayador, agua y ácido clorhídrico en concentración del 10%.

2.1.2.3 Procesamiento de información en oficina

En campo se recogió información geológica de varios tipos, a la que se le aplicó un tratamiento de datos independiente:

1. Los datos estructurales de planos de estratificación de cuerpos rocosos permitieron entender la distribución espacial de las rocas en la región y constituyeron el insumo principal para plantear un modelo de dinámica del agua superficial y subsuperficial.
2. Los datos estructurales de planos de fracturas se graficaron en diagramas rosa para identificar tendencias preferenciales del fracturamiento y se compararon con los resultados obtenidos en un análisis de lineamientos realizado sobre un modelo de elevación digital (DEM) con resolución de 12 metros[33].

[33] Dataset: ASF DAAC 2015, ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected high res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 26 September 2015. DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA

Adicionalmente se traslapó la información espacial de los lineamientos con el inventario de rezumaderos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), para evaluar la posible existencia de una relación entre ambos factores.

3. Las muestras de roca (10), sedimento (6) y suelo (12), que contaban un total de 28 (ver Anexo 2), fueron sometidas a un análisis bajo lupa binocular que permitió establecer características texturales y composicionales, además de sus propiedades generales como color, estructuras internas (rocas), plasticidad (suelos), entre otras. Se hizo énfasis en describir su permeabilidad, en razón de comprender la dinámica del agua superficial y subsuperficial.
   Se escogieron dos muestras de roca para realizar secciones delgadas, que permitieron su análisis y observación bajo microscopio de luz transmitida. Como se trataba de rocas terrígenas, se clasificaron acuerdo con Folk, en sus clasificaciones propuestas para textura (1980) y composición (1951).
   Por otro lado, una parte de las muestras de suelo se llevó al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, donde se hizo análisis de curvas de retención para evaluar su capacidad de retención de humedad a diferentes presiones, y otras se sometieron a pruebas de conductividad hidráulica, aportando información para la construcción del modelo hidrogeológico somero conceptual y a la comprensión de la dinámica del agua en la zona de estudio.
4. Con la descripción de muestras terminada, y con las medidas de espesores en campo (registradas en barrenos y apiques), se hicieron esquemas de distribución de materiales en columnas o perfiles de suelo.
5. Se escogieron dos muestras de suelo y una de sedimento para someterlas a un análisis de difracción de rayos X, con el que fue posible determinar el contenido y el tipo de arcillas presentes. Así, se pudo establecer una relación entre los materiales presentes y la influencia de ellos en la calidad de agua en la región.

2.1.3 Resultados y análisis

Si bien existen coincidencias entre la información presentada por Emerald en el EIA y la encontrada en el levantamiento rápido de línea base, se identificaron omisiones adicionales a las señaladas en el documento *Evaluación de la información remitida por Emerald Energy y C&MA y normativa ambiental correspondiente* del presente convenio.

Una de ellas corresponde a la falta de un análisis minucioso de la geología superficial, determinante en la configuración de la dinámica del agua y el sostenimiento de ecosistemas y actividades humanas de la región.

Si bien se entiende que los proyectos de exploración y explotación de petróleo buscan hidrocarburos a profundidades considerables (más de 700 metros), y por lo tanto concentran sus esfuerzos en entender la distribución de materiales del subsuelo, sus propiedades y sus interacciones en las profundidades ya mencionadas, es inadmisible que no se haga una adecuada caracterización geológica superficial, al aumentar el peligro de subestimar efectos en la zona que se encuentra en contacto directo con los habitantes del territorio (humanos y no humanos) y que constituyen su sustento.

Por esta razón, el levantamiento de línea base en lo referente a suelos y rocas, estuvo enfocado en la caracterización de materiales en función de sus relaciones con el agua, es decir, desde un punto de vista más geológico e hidrogeológico, que agrológico.

2.1.3.1 Estratigrafía

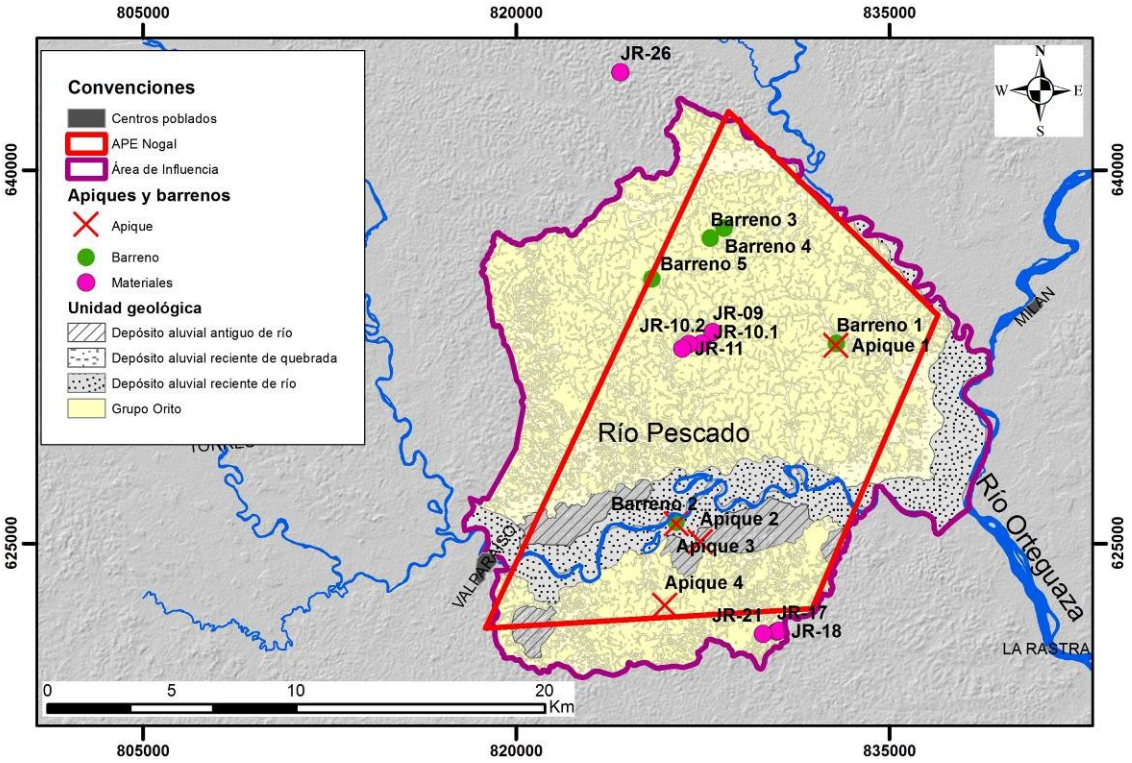


FIGURA 6. LOCALIZACIÓN DE CONTROL GEOLÓGICO
UBICACIÓN DE CONTROLES EN AFLORAMIENTOS, APIQUES Y BARRENOS REALIZADOS EN EL LEVANTAMIENTO RÁPIDO DE LÍNEA BASE POR TERRAE
ELABORACIÓN PROPIA

Por medio de controles en afloramientos, 5 barrenos y 4 apiques o calicatas realizados dentro del APE en los puntos que se observan en el mapa de la Figura 6, se hizo una caracterización detallada de los materiales, siguiendo un enfoque geológico, haciendo énfasis en sus propiedades texturales, y teniendo en cuenta la unidad geológica a la que pertenecían.

La mayoría del APE, se encontraba conformada por rocas del Grupo Orito, coincidente con zonas de lomerío. En dicha área, se logró identificar un desarrollo de suelos considerable, expresado en espesores de 2 metros o más[34] y en perfiles con un grado de meteorización tal, que no se observaba huella de las estructuras de la roca original. Sin embargo, algunas de ellas se percibían en determinados sectores, a profundidades superiores a 1,3 metros, en un material finogranular predominantemente arcilloso, característico de las rocas del Grupo Orito.

[34] El apique de mayor profundidad fue de 2,15 metros y no se alcanzó roca fresca, por lo que se puede decir que existe perfil de meteorización de más de dos metros, aunque no se puede especificar un espesor máximo.

En zonas donde el material presentaba mejor exposición, de tal manera que no sólo se observaba el perfil de meteorización, sino la roca fresca, se pudo hacer una descripción más completa de la unidad.

Adicionalmente, se pudo constatar su fragilidad mencionada en el EIA en lo referente a estabilidad y susceptibilidad a la erosión, con la observación de abundantes procesos morfodinámicos (Fotografía 6), relacionados a la variación de humedad en el sector o a la acción de corrientes de agua (permanentes o intermitentes) y a la potrerización. La susceptibilidad se expresa mediante el desarrollo de surcos, cárcavas o deslizamientos (para más detalle, ver el anexo de geomorfología).



FOTOGRAFÍA 6. PROCESOS MORFODINÁMICOS
DESLIZAMIENTO EN PARTE MEDIA DE LA LADERA QUE EVIDENCIA INESTABILIDAD EN EL TERRENO

También se hizo una caracterización de los depósitos antiguos y recientes del río Pescado, y de quebradas dentro del APE, en los que se observaba predominio de material limoso y arenoso, de permeabilidad media a muy alta, con coloraciones cafés o grisáceas y amarillas.

Finalmente, los materiales descritos se agruparon en tres categorías, de acuerdo a sus características físicas: rocas del Grupo Orito, caracterizadas a partir de afloramientos de roca fresca y de perfiles de meteorización y desarrollo de suelos residuales; depósitos aluviales antiguos del río Pescado (conformando la unidad geomorfológica de “llanura de inundación”) y depósitos aluviales recientes, tanto del río Pescado, como de quebradas presentes en las zonas bajas del lomerío.

Grupo Orito

Características generales y en el área tipo

Rocas de edad Oligoceno a Mioceno medio, que en algunos sectores pueden alcanzar edades pliocenas. Descritas por primera vez en informes de la Texas Petroleoum Comany por Miley y McGirk en 1948, y divididas en las formaciones Orteguaza, Belén y Orito. Posteriormente fueron redefinidas en reportes de la Shell, y agrupadas en las formaciones

Orteguaza y Orito-Belén[35]. Se encuentra suprayaciendo rocas Eocenas de la Formación Pepino[36].

Su localidad tipo se encuentra al norte del anticlinal de Orito en el departamento del Putumayo, y se extiende desde el piedemonte hacia las llanuras amazónicas.

Características físicas en el área tipo

Aunque cuenta con afloramientos de mala calidad, fallamiento y capas de disposición subhorizontal que dificultan su caracterización, se las ha descrito como una sucesión de cerca de 1000 metros de espesor de lodolitas, limolitas y lodolitas arenosas de color gris, rojo, morado, amarillo o con moteamiento, con intercalación de lentes discontinuos de litoarenitas con texturas variables, y ocasional presencia de conglomerados finos granosoportados[37].

Se aclara que la parte inferior (Formación Orteguaza) es una sucesión de ambiente marino con ocasionales niveles calcáreos y que la parte superior (Formación Orito-Belén), se depositó en planicies costeras asociadas a ríos y ambientes lacustres[38].

Características en el área de estudio

Tanto el estudio del Servicio Geológico de Colombia como el de Emerald concuerdan en que dentro del APE El Nogal se encuentran sucesiones lodolíticas varicoloreadas, con esporádicas interestratificaciones de arenitas finas con rastros de fenómenos de oxidación, propias de ambientes fluviales con ocasional influencia marina.

Lo anterior fue constatado en la salida de campo realizada por la Corporación Terrae, mediante descripciones *in situ*, descripción detallada bajo lupa binocular de 10 muestras de mano, y descripción petrográfica bajo microscopio de luz transmitida de 2 de las muestras recolectadas y controladas en los puntos del siguiente mapa.

En general, se observó una unidad compuesta por lodolitas moradas o verdes claras pobremente consolidadas y significativamente afectadas por fracturamiento, que podían presentarse en forma masiva o con laminación planoparalela continua. Tenían ocasional presencia de niveles carbonosos y de niveles arenosos centimétricos con laminación inclinada y alternancia con material lodoso, o lodolitas arenosas laminadas.

Se identificó también la presencia de litoarenitas altamente cementadas con cemento calcáreo, que mostraban procesos de disolución y desarrollo de micropaisaje cárstico, y que no habían sido mencionadas en el EIA, pero sí (vagamente) en el informe del Servicio Geológico, donde se sugiere la aparición de litoarenitas, pero no se hace alusión a su contenido calcáreo.

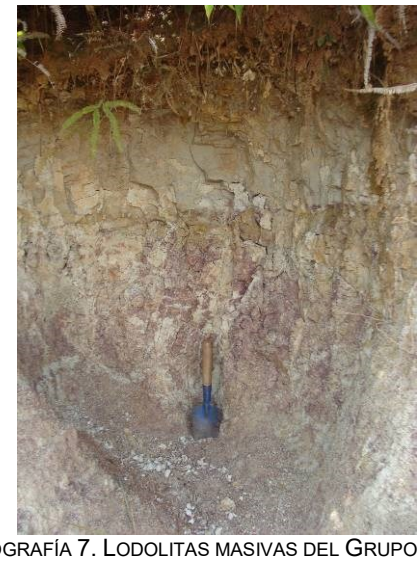
Rocas

[35] Servicio Geológico Colombiano, 2015. Geología de la plancha 432 - San José del Fragua. Memoria Explicativa.
[36] Núñez, Fuquen, & Ruiz, 2003. Geología, recursos geológicos y amenazas geológicas del departamento del Putumayo. Memoria Explicativa. 1:400.000
[37] Núñez, Fuquen, & Ruiz, 2003. Geología, recursos geológicos y amenazas geológicas del departamento del Putumayo. Memoria Explicativa. 1:400.000
[38] Servicio Geológico Colombiano, 2015. Geología de la plancha 432 - San José del Fragua. Memoria explicativa.

Todas las muestras de roca fresca fueron tomadas en afloramientos dentro del APE y en cercanías. Pertenecían a la parte superior del Grupo Orito denominado también Formación Orito-Belén. A continuación se presenta una caracterización más detallada de las muestras recolectadas.

- **Lodolitas**

Se pueden observar en cortes de carretera o laderas expuestas por procesos de carcavamiento, dispuestas subhorizontalmente en capas entre 40 y 80 cm de espesor, con geometría tabular, exhibiendo procesos de oxidación y alteración, además de alto fracturamiento (Fotografía 7).



FOTOGRAFÍA 7. LODOLITAS MASIVAS DEL GRUPO ORITO
AFLORAMIENTO EN EL QUE SE OBSERVAN DIFERENTES CAPAS TABULARES DE LODOLITAS MASIVAS, LOCALMENTE MOTEADAS Y CLARAMENTE AFECTADAS POR FRACTURAMIENTO. PALA DE 25 CM DE LARGO.

Podían ser de color verdoso (5GY 8/1) con regiones amarillas, indicadoras de oxidación (Fotografía 8 y Fotografía 9), o de color vinotinto (5R 4/2), sin estructuras visibles, con ocasional influencia de raíces y con permeabilidad secundaria por fracturamiento (Fotografía 11 y Fotografía 12).



FOTOGRAFÍA 8. LODOLITA VERDE DEL GRUPO ORITO



FOTOGRAFÍA 9. LODOLITA VERDE DEL GRUPO ORITO

MUESTRA JR-09 (2), SIN ESTRUCTURAS VISIBLES

MUESTRA JR-09 (2) VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

En estas rocas ocurría desarrollo de suelos, de procesos morfodinámicos y flujo de agua, reflejado en nacederos o manantiales (Fotografía 10). Al igual que en ciertos sectores del suelo residual, se identificaba moteamiento típico de variaciones en las condiciones reductoras u oxidantes del medio (Fotografía 13 y Fotografía 12).



FOTOGRAFÍA 10. LODOLITAS DEL GRUPO ORITO MANANTIAL DE LA VEREDA LA FLORIDA.



FOTOGRAFÍA 11. LODOLITA ROJA DEL GRUPO ORITO MUESTRA JRM-08 DE CONSOLIDACIÓN REGULAR, SIN ESTRUCTURAS RECONOCIBLES



FOTOGRAFÍA 12. LODOLITA ROJA DEL GRUPO ORITO MUESTRA JRM-08 VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X



FOTOGRAFÍA 13. LODOLITA MOTEADA
MUESTRA JR-09 (1) CON ALTERNANCIA DE COLORES ROJIZOS Y VERDOSOS QUE INDICAN VARIACIONES EN LOS ESTADOS DE OXIDACIÓN DEL HIERRO

- **Lodolitas laminadas**

Aunque las lodolitas no fisibles predominaban en el área, ocasionalmente se observaban estructuras laminadas, formadas como respuesta a un cambio granulométrico o composicional. Fueron encontradas en afloramientos de lodolitas con estratificación en capas de 65 cm de espesor aproximadamente, divididos por niveles arenosos cercanos a 10-15 cm, como se ve en las fotografías.



FOTOGRAFÍA 14. LODOLITAS LAMINADAS DEL GRUPO ORITO
AFLORAMIENTO DE GEOMETRÍA TABULAR DE CAPAS



FOTOGRAFÍA 15. LODOLITAS LAMINADAS DEL GRUPO ORITO
DETALLE DE LAMINACIÓN

En el caso de la roca de la siguiente fotografía, las láminas amarillas muestran oxidación y granulometría fina homogénea mientras las verdosas exhiben mayor contenido de granos tamaño limo. Estas variaciones de color se explican por la dinámica diferencial de migración de fluidos (agua y aire): las capas limosas tienen mayor permeabilidad, razón por la cual en la zona del subsuelo donde los niveles freáticos varían por razones climáticas también se dan variaciones geoquímicas pues se presenta oxidación cuando el

nivel freático desciende y reducción cuando el nivel freático asciende. Los momentos de reducción se marcan más rápidamente en las capas más permeables donde la ausencia de oxígeno hace que se reduzca el hierro (generándose Fe^{+2}) y marcando las capas con colores verdosos.

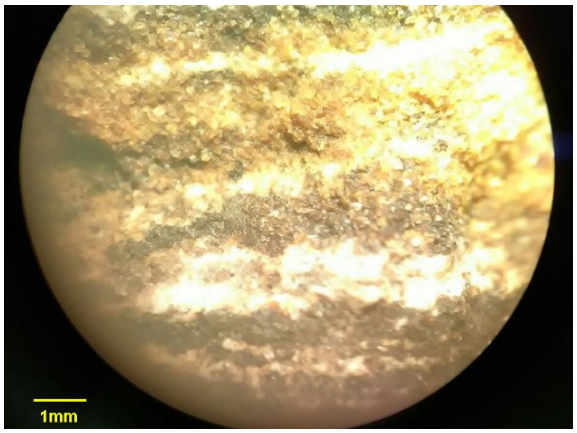


FOTOGRAFÍA 16. LODOLITA LAMINADA DEL GRUPO ORITO
MUESTRA JR-26 (1) CON LAMINACIÓN PLANOPARALELA CONTINUA DE ENTRE 3 Y 10MM

También se podían ver rocas con alternancia de materiales, entre láminas arenosas de color blanco, con tamaños de grano de arena fina, alta porosidad y permeabilidad, además de impregnación con hidrocarburos (responsable de otorgar el color negro a niveles arenosos), y láminas lodosas de colores rojizos, como las de las siguientes fotografías.



FOTOGRAFÍA 17. ALTERNANCIA ENTRE ARENITA Y LODOLITA - GRUPO ORITO
MUESTRA JR-26 (2) CON LAMINACIÓN INCLINADA CON CAPAS DE ARENITA DE ALTA POROSIDAD, IMPREGNADAS CON HIDROCARBURO



FOTOGRAFÍA 18. ALTERNANCIA ENTRE ARENITA Y LODOLITA - GRUPO ORITO
MUESTRA JR-26 (2) VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

La muestra de la Fotografía 19 corresponde a una intercalación de limolitas arenosas y lodolitas con laminación planoparalela continua, cuyas láminas tienen un espesor entre 1 y 3 mm (60% de armazón y 40% de matriz, color crema, 5Y 7/2) alternadas con láminas de hasta 7 mm (80% de matriz y 20% de armazón color rojizo, 10R 5/4), en donde se ve afectación por fracturas paralelas y perpendiculares a la laminación.



FOTOGRAFÍA 19. LODOLITA ARENOSA LAMINADA
MUESTRA JF-06 CON LAMINACIÓN PARALELA CONTINUA, AFECTADA POR FRACTURAS PARALELAS Y PERPENDICULARES A LAS ESTRUCTURAS

Su observación bajo el microscopio permitió determinar de mejor manera las características texturales de la roca y su composición mineralógica, evidenciando que se trataba de una limolita arenosa matriz soportada, con matriz arcillosa. Su armazón contenía granos de cuarzo, líticos ígneos y metamórficos, feldespatos (alcalino y plagioclasa), circones y óxidos de hierro, clasificándose como una sublitoarenita de líticos volcánicos y metamórficos, de acuerdo a Folk, 1951 (Ver Anexo 3).

Se resalta que algunas de las láminas presentaban procesos de oxidación de la matriz, evidentes en colores rojizos correspondientes a enriquecimiento de hierro, y que además, podían mostrar cementación posterior con cemento ferruginoso.

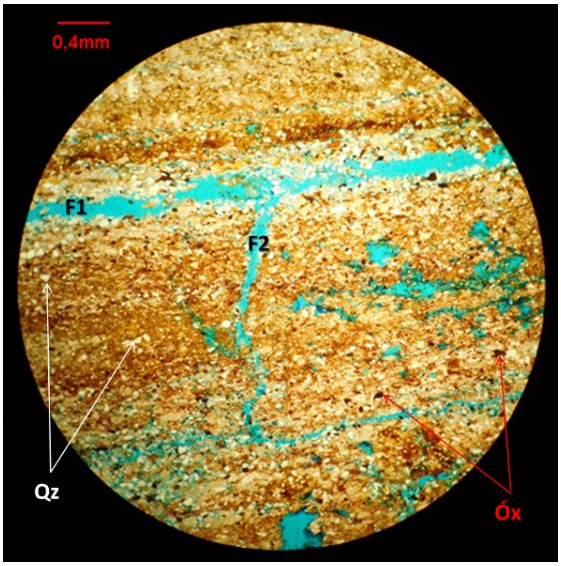


FIGURA 7. MICROFOTOGRAFÍA CON VISTA EN NICOLES PARALELOS (JF-06). AUMENTO DE 5X
ELABORACIÓN PROPIA

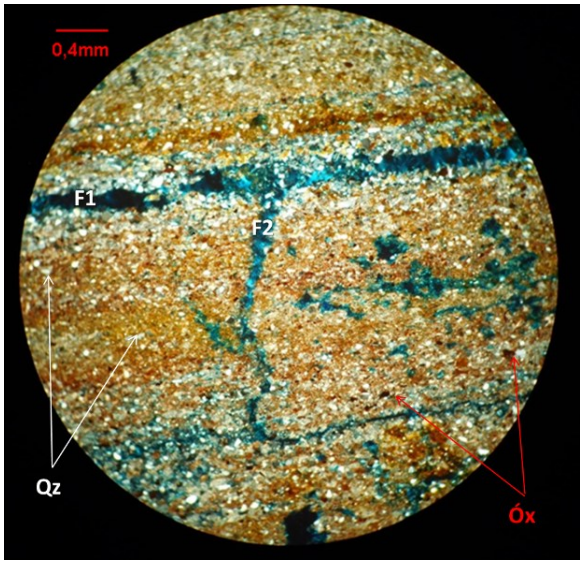


FIGURA 8. MICROFOTOGRAFÍA CON VISTA EN NICOLES CRUZADOS (JF-06). AUMENTO DE 5X
SE OBSERVA MÁS CANTIDAD DE ARMAZÓN (GRANOS) EN SECTORES CLAROS DE LA PLACA.
ELABORACIÓN PROPIA

COLORES AZULES MUESTRAN POROSIDAD E INTERCONEXIÓN DE POROS, MIENTRAS COLORES MARRONES INDICAN OXIDACIÓN. F1: FRACTURAS PARALELAS A LAMINACIÓN. F2: FRACTURAS QUE CORTAN LAMINACIÓN. QZ: CUARZO. ÓX: ÓXIDOS.

- **Arenitas**

Dentro de los materiales encontrados en campo, se identificó una litoarenita muy cementada, con cemento calcáreo, que no se hallaba reportada dentro del EIA y tampoco en el estudio del Servicio Geológico Colombiano, en la vereda La Florida, entre el límite del APE y el del área de influencia (estación más suroriental de la Figura 6).

En campo presentaba una distribución espacial pequeña y no era posible determinar su espesor ni posición estructural. Sin embargo, era claro que sus características permitían el desarrollo de un paisaje cárstico diferente al observado en la zona del lomerío, en el que ya no predominaban las colinas suaves, sino la formación de laderas más pronunciadas y de superficies ahuecadas por procesos de disolución (Fotografía 20).

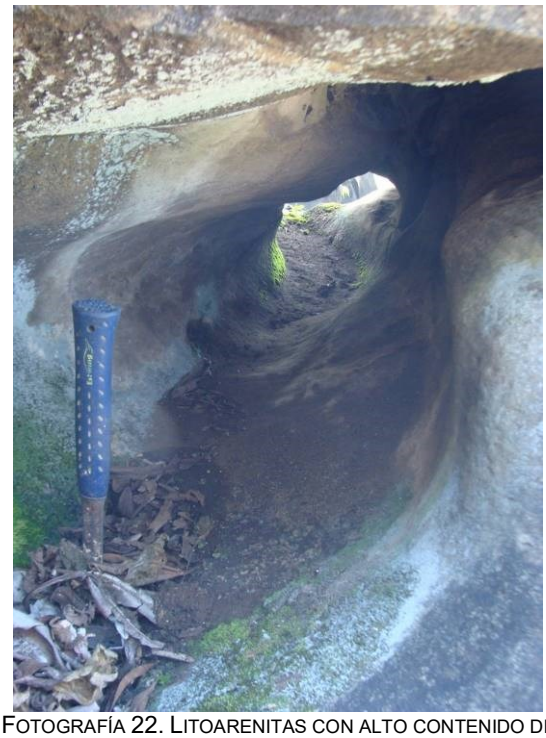
Además, estas rocas mostraban laminación inclinada (Fotografía 21), y desarrollo de cavidades amplias (Fotografía 22), que junto con las fracturas (Fotografía 23 y Fotografía 24), eran capaces de conducir grandes cantidades de agua.



FOTOGRAFÍA 20. LITOARENITAS CON ALTO CONTENIDO DE CEMENTO CALCÁREO
AFLORAMIENTO EN EL QUE SE OBSERVA LA FORMACIÓN DE LADERAS PRONUNCIADAS Y SUPERFICIES CON PROCESOS DE CARSTIFICACIÓN



FOTOGRAFÍA 21. LITOARENITAS CON ALTO CONTENIDO DE CEMENTO CALCÁREO
DETALLE DE LAMINACIÓN INCLINADA



FOTOGRAFÍA 22. LITOARENITAS CON ALTO CONTENIDO DE CEMENTO CALCÁREO
DETALLE DE FORMACIÓN DE CAVIDADES

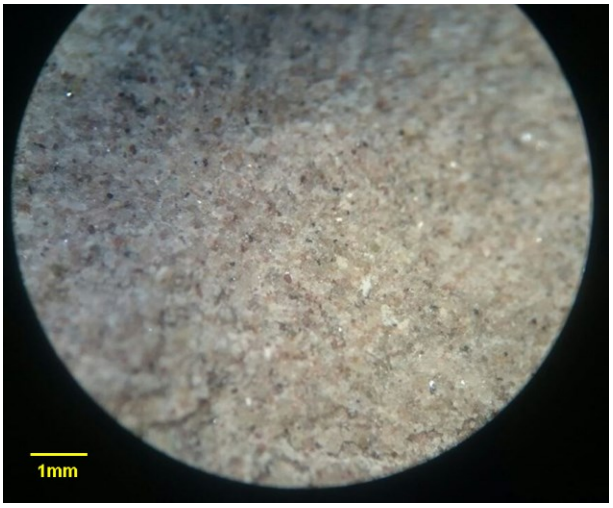


FOTOGRAFÍA 23. LITOARENITAS CON ALTO CONTENIDO DE CEMENTO CALCÁREO
FRACTURAS Y LAMINACIÓN INCLINADA



FOTOGRAFÍA 24. LITOARENITAS CON ALTO CONTENIDO DE CEMENTO CALCÁREO
FRACTURAS

La descripción de la roca en oficina constató que se trataba de una litoarenita altamente cementada, con contenido calcáreo elevado conformando el cemento y granos tamaño arena fina a muy fina (Fotografía 25) y baja porosidad y permeabilidad primaria. La poca porosidad identificada se debía a procesos de disolución del cemento, que no permiten la interconexión de poros significativa (Figura 9).



FOTOGRAFÍA 25. LITOARENITAS CON ALTO CONTENIDO DE CEMENTO CALCÁREO
MUESTRA JR-18 VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

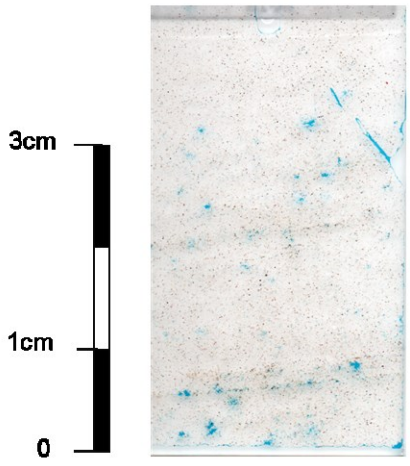


FIGURA 9. SECCIÓN DELGADA DE LITOARENITA CON CEMENTO CALCÁREO (JR-18)
LOS COLORES AZULES INDICAN POROSIDAD E INTERCONEXIÓN DE POROS
ELABORACIÓN PROPIA

Sin embargo, hay que resaltar que aunque en la muestra de mano y en la sección delgada no se evidenciaran estructuras sedimentarias como laminación, y tampoco porosidad primaria o secundaria por disolución, en los afloramientos sí fue posible identificar dichas características, sugiriendo desarrollo de acuíferos en la zona.

No obstante, debido a la corta extensión de estas rocas en la región y a la falta de observación de manantiales asociados, se sugiere la realización de una cartografía geológica más detallada que permita determinar su influencia y participación en la dinámica de las aguas subterráneas.

Adicionalmente, con la descripción petrográfica de la sección delgada realizada a esta roca, se estableció que no había presencia de matriz entre los granos del armazón, conformados por cuarzo (60%), líticos (36%, de los cuales había una proporción similar de líticos metamórficos -36%- e ígneos -38%- y menor cantidad de líticos sedimentarios -26%-) y feldespatos (4%) (Anexo 3).

Se identificó además presencia de circón, turmalina, micas (muscovita y clorita), opacos y óxidos como parte de los minerales accesorios, además de procesos diagenéticos en algunos líticos ígneos que se convierten en pseudomatriz.

En términos generales, se describe como una roca cuyo armazón está compuesto por granos de tamaño arena muy fina a media, estableciendo contactos puntuales o longitudinales (escasos), con una cantidad de cemento tal que los granos parecen nadando en él[39]. Su porosidad es baja (2%) y corresponde a porosidad secundaria por

[39] Se aclara que las características petrográficas observadas indican que no se trata de matriz calcárea sino de cemento

disolución de cemento y a fracturamiento, con lo cual se resalta su baja interconexión de poros.

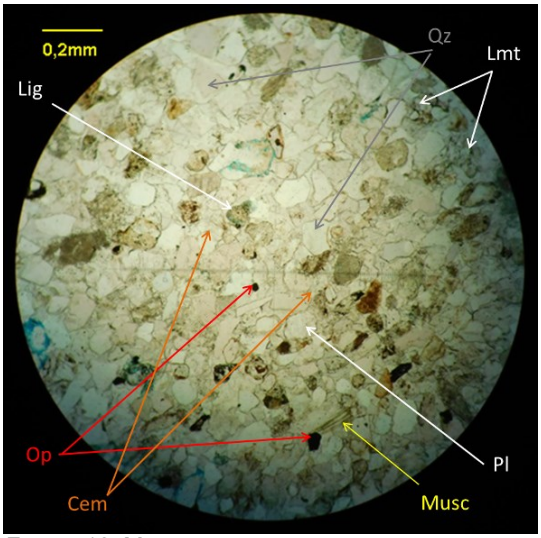


FIGURA 10. MICROFOTOGRAFÍA CON VISTA EN NICOLES PARALELOS (JR-18). AUMENTO DE 10X
ELABORACIÓN PROPIA

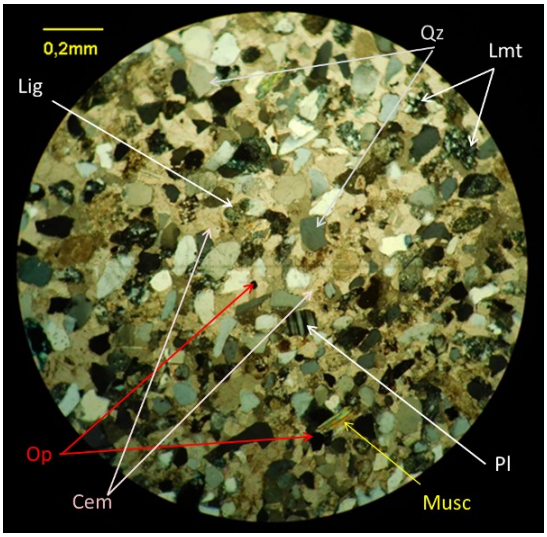


FIGURA 11. MICROFOTOGRAFÍA CON VISTA EN NICOLES CRUZADOS (JR-18). AUMENTO DE 10X
ELABORACIÓN PROPIA

LIG: LÍTICOS ÍGNEOS. LMT: LÍTICOS METMÓRFICOS. QZ: CUARZO. PL: PLAGIOCLASA. MUSC: MUSCOVITA. OP: OPACOS. CEM: CEMENTO CALCÁREO

- **Conglomerados**

Horizontes de conglomerados de más de dos metros de espesor, con matriz lodosa moteada, o de lodos con grava, que contiene fragmentos de lodolitas, cuarzo, líticos con tamaños entre 2 y 20 milímetros (mayor frecuencia de tamaños en el rango que va de 5 a 15 milímetros). Los colores de la matriz varían entre rojizo a gris claro, concordando con los observados en las sucesiones predominantemente lodosas en toda región (ver siguiente figura).



FOTOGRAFÍA 26. CONGLOMERADOS DEL GRUPO ORITO
AFLORAMIENTO EN EL QUE SE OBSERVAN FRAGMENTOS EN UNA MATRIZ LODOSA MOTEADA CON COLORES ROJIZOS Y GRISES (MARCADOR DE 13CM DE LARGO)

Suelos residuales

Los perfiles de suelo en perfiles de intemperismo del Grupo Orito, correspondientes a los apiques 1 y 4, y a los barrenos 1, 3 y 5, presentaban características similares, con un material predominante de coloración rojiza o terracota (5YR 5/6, café claro, según la tabla de colores de Munsell), textura matriz soportada con granulometría variable entre limoarcillosa y limosa en la matriz, contenido de 10 a 20% de armazón con granos de tamaño arena muy fina a gruesa, permeabilidad baja a media, humedad alta, plasticidad media a alta y espesor entre 30 cm y 1,90 m, ubicado en superficie o inmediatamente debajo del horizonte de materia orgánica, nombrado como horizonte B.

En zonas de intemperismo del Grupo Orito, en las partes más profundas de los perfiles descritos, desde 1 m de profundidad, se observaron horizontes más arcillosos que los que conservaban estructuras de la roca original, los cuales se veían más fracturados y evidenciaban variaciones del nivel freático en estructuras moteadas irregulares con colores grisáceos y violáceos (Fotografía 27), clasificadas como parte del horizonte C.



FOTOGRAFÍA 27. VARIACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO
APIQUE DONDE SE OBSERVA MOTEAMIENTO DE COLORES VIOLÁCEOS, GRISES Y AMARILLOS EN ARCILLAS RESIDUALES DEL GRUPO ORITO. CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM. NÓTESE EL AFLORAMIENTO DE AGUA EN LA INTERFAZ SUELO RESIDUAL – ROCA POCO ALTERADA.

Específicamente, se observaron y analizaron los siguientes perfiles:

- **Apique 1, vereda Rochela Baja**

El apique 1, con una profundidad total de 2,15 m fue realizado en la parte baja de una ladera, dentro del lomerío presente en la vereda Rochela Baja, como se muestra en la Fotografía 28. Su excavación no continuó debido a que se alcanzó el nivel freático. Cabe resaltar que luego de una hora de haber realizado la calicata, el nivel del agua subió 2 cm (ver Fotografía 30 y Fotografía 31).



FOTOGRAFÍA 28. POSICIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL APIQUE 1
APIQUE REALIZADO EN PARTE BAJA DE LA LADERA, DONDE SE ENCUENTRAN LAS PERSONAS EN LA FOTOGRAFÍA, DENTRO DEL LOMERÍO



E: 832871	**N:** 632963	**Z:** 230
Profundidad (cm): 215	**Unidad geológica**: Grupo Orito	

FOTOGRAFÍA 29. APIQUE 1
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL APIQUE 1
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

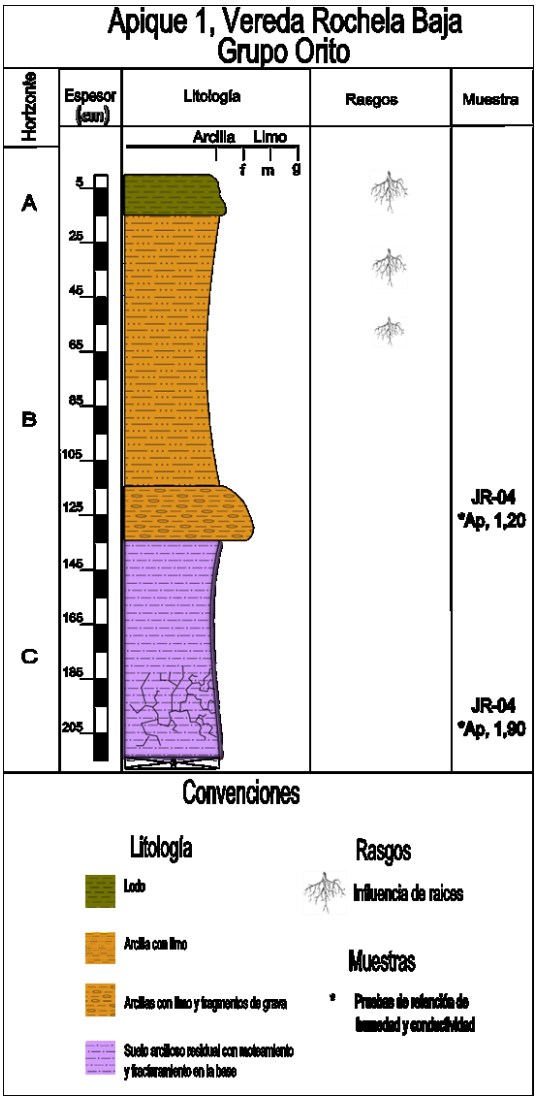


FIGURA 12. PERFIL DEL APIQUE 1
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL APIQUE 1
ELABORACIÓN PROPIA



FOTOGRAFÍA 30. NIVEL FREÁTICO EN APIQUE 1
AGUA ENCONTRADA A 2,15 M DE PROFUNDIDAD
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM



FOTOGRAFÍA 31. AUMENTO DEL NIVEL FREÁTICO EN APIQUE 1
AUMENTO DE NIVEL DEL AGUA, LUEGO DE 1 HORA DESDE SU EXCAVACIÓN
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

Se identificaron tres horizontes como los expuestos en el esquema de la Figura 12. El primero (horizonte C) y más profundo, de 78 cm de espesor medido[40], presente desde los 135 cm de profundidad, estaba conformado por suelo arcilloso residual de las rocas del Grupo Orito, con colores rojizos (10R 6/6) y blanquecinos (10YR 8/2) en los 20 cm más superficiales (muestras en la Fotografía 32 y la Fotografía 33) y color blanco (10YR 8/2) predominante en los 58 cm restantes.



FOTOGRAFÍA 32. MUESTRA JR-04. AP1. 1,90 DEL HORIZONTE C. APIQUE 1
MUESTRA TOMADA A UNA PROFUNDIDAD DE 1,90 M



FOTOGRAFÍA 33. MUESTRA JR-04. AP1. 1,90 DEL HORIZONTE C. APIQUE 1
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

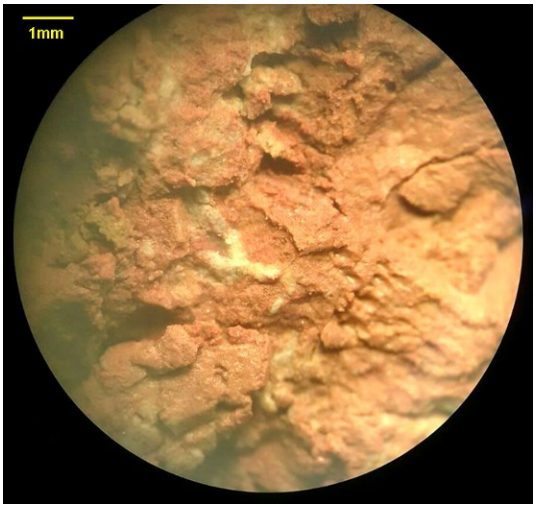
[40] Su espesor real puede ser mayor. Sin embargo, no fue posible determinarlo, ya que el límite de la calicata lo impidió.

Su plasticidad era media y su permeabilidad media a alta, a pesar del alto contenido de material finogranular tamaño arcilla, debido a la presencia de fisuras y fracturas. A lo largo del nivel se observó moteamiento con colores grises y violetas, que evidenciaron variaciones del nivel freático.

El nivel medio, de 120 cm de espesor, correspondiente al horizonte B, descrito en campo y a partir de muestras de mano (Fotografía 34 y Fotografía 35), en el que no se observaban estructuras de la roca original, presentaba colores rojizos o terracota (10R 6/6), plasticidad media, humedad media a alta y una granulometría fina, lodosa, con mayor porcentaje de arcilla que de limo. Hay que resaltar que los 20 cm más inferiores contenían un bajo porcentaje (menor al 10%) de fragmentos de grava (de hasta 5mm) de material arcilloso claro similar al del horizonte C, y eran más permeables (permeabilidad media) que los 100 cm más superficiales (permeabilidad baja), que a su vez se encontraban influenciados por raíces.



FOTOGRAFÍA 34. MUESTRA JR-04. AP1. 1,20 DEL HORIZONTE B. APIQUE 1
MUESTRA TOMADA A UNA PROFUNDIDAD DE 1,20 M



FOTOGRAFÍA 35. MUESTRA JR-04. AP1. 1,20 DEL HORIZONTE B. APIQUE 1
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

El horizonte más superficial (horizonte A), alcanzaba los 15 cm de espesor y tenía un color café, además de una textura masiva de grano fino (lodoso). Contaba con influencia de raíces de hasta 1mm de diámetro y mostraba condiciones de plasticidad y permeabilidad media a baja.

- **Barreno 1, vereda Rochela Baja**

El barreno de 1,40 metros de profundidad, realizado en la parte media de la ladera (Fotografía 37), permitió distinguir dos horizontes en el suelo: el más profundo, de un espesor aproximado de 1,33 metros, correspondiente al horizonte B del apique 1 y un material superficial de 7cm de espesor correspondiente al horizonte A del apique 1.



E: 832887	**N:** 633046	**Z:** 239
Profundidad (cm): 140	**Unidad geológica:** Grupo Orito	

FOTOGRAFÍA 36. BARRENO 1
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL BARRENO 1
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

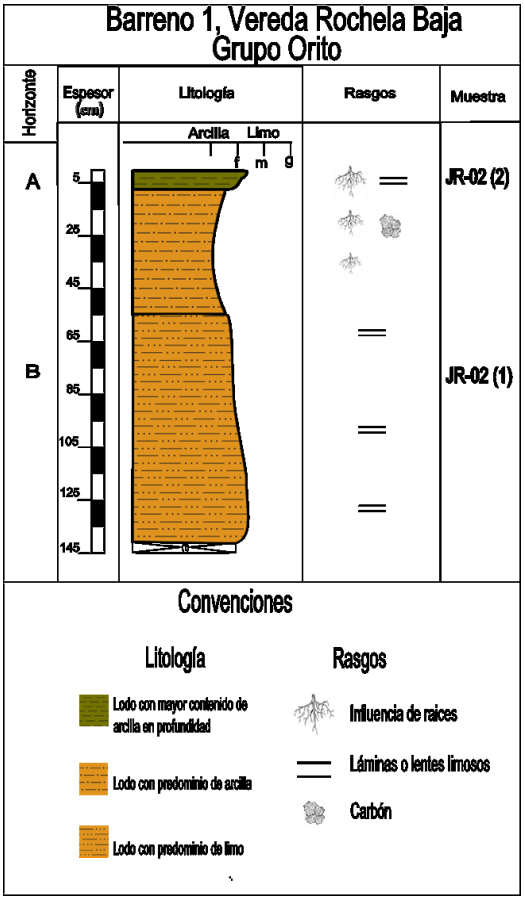


FIGURA 13. PERFIL DEL BARRENO 1
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL BARRENO 1
ELABORACIÓN PROPIA

El llamado horizonte B mostraba un color terracota (10R 6/6) y plasticidad media. Su textura era variable, ya que en profundidad presentaba materiales finos lodosos con un porcentaje considerable de limo, y ocasional presencia de láminas o lentes subverticales de color grisáceo o café, de granulometría limosa (Fotografía 35), mientras que en los 47 cm superiores se tenía predominio de arcilla sobre limo, influenciado por raíces de hasta 1mm de diámetro y con presencia de restos de carbón (Fotografía 38). Asimismo, si bien el horizonte completo mostraba una permeabilidad baja, este parámetro era ligeramente mayor en profundidad, donde había láminas limosas.



FOTOGRAFÍA 37. POSICIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL BARRENO 1
BARRENO REALIZADO EN MEDIA LADERA, DONDE SE ENCUENTRA EL ÁRBOL AISLADO EN LA FOTOGRAFÍA, DENTRO DEL LOMERÍO



FOTOGRAFÍA 38. MUESTRA JR-02 (1) DEL HORIZONTE B. BARRENO 1

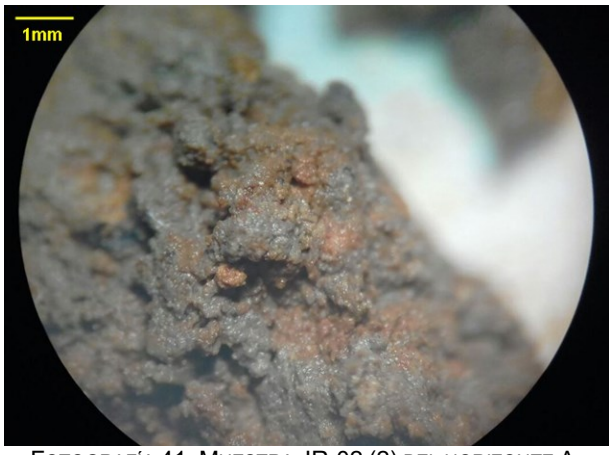


FOTOGRAFÍA 39. MUESTRA JR-02 (1) DEL HORIZONTE B. BARRENO 1
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

El material más superior, de 7 cm de espesor, correspondiente al horizonte A del apique 1 mostraba alta compactación, color café pálido (5YR 5/6) que indicaba bajo a moderado contenido de materia orgánica, con moteamiento de color terracota (Fotografía 40 y Fotografía 41), permeabilidad media a baja, plasticidad media, humedad media e influencia de raíces de hasta 2mm de diámetro. Estaba conformado por un material matriz soportado con matriz limoarcillosa (mayor contenido de limo que de arcilla), en el que el contenido de arcilla aumentaba en profundidad, y 10% o menos de un armazón de granos de cuarzo subangulares de tamaño arena muy fina.



FOTOGRAFÍA 40. MUESTRA JR-02 (2) DEL HORIZONTE A. BARRENO 1



FOTOGRAFÍA 41. MUESTRA JR-02 (2) DEL HORIZONTE A. BARRENO 1
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

- **Barreno 3, vereda Bruselas**



E: 827818	**N:** 637278	**Z:** 254
Profundidad (cm): 110	**Unidad geológica:** Grupo Orito	

FOTOGRAFÍA 42. BARRENO 3
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL BARRENO 3
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

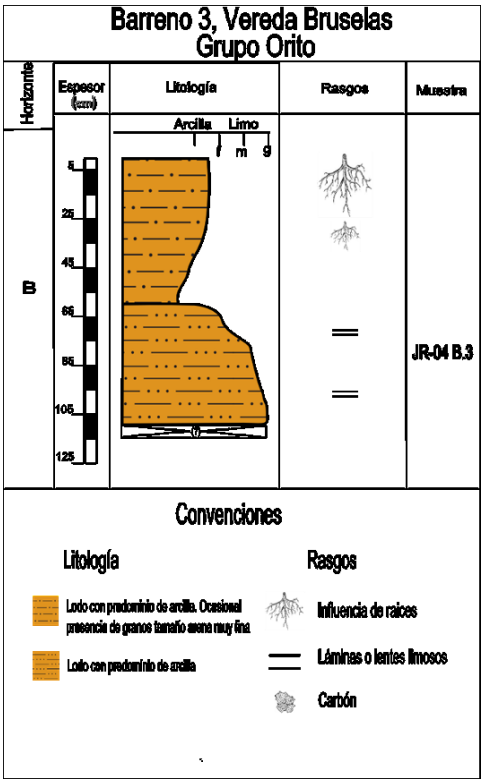


FIGURA 14. PERFIL DEL BARRENO 3
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL BARRENO 3
ELABORACIÓN PROPIA

El barreno 3 se hizo en la parte media de la ladera y alcanzó una profundidad de 1,10 metros. Su dureza y compactación no permitieron extraer material a mayor profundidad,

mediante la metodología utilizada. Sin embargo, del suelo recuperado se observó únicamente el horizonte B, descrito también en el apique 1 y el barreno 1.

En general, correspondía a un material homogéneo de color terracota (5YR 5/6), plástico, medianamente permeable y de alta humedad, influenciado por raíces en los 50 cm más superficiales. En cuanto a la textura, se trataba de un suelo matriz soportado con matriz arcillolimosa (con mayor cantidad de arcilla que de limo), con contenido de láminas grises, matriz soportadas con matriz arcillo-limosa y granos tamaño arena muy fina en los 50 cm más profundos.

Cabe resaltar que en zonas más superficiales, presentaba sectores de colores marrones con mayor contenido de armazón (hasta del 40%) de granos subredondeados a angulares con esfericidad media a alta de tamaño arena fina (Fotografía 43), y que aumentaban ligeramente la permeabilidad.



FOTOGRAFÍA 43. MUESTRA JRM-04. B.3 DEL HORIZONTE B. BARRENO 3



FOTOGRAFÍA 44. MUESTRA JRM-04. B.3 DEL HORIZONTE B. BARRENO 3
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

- **Barreno 5, vereda Bruselas**

Con 1,2 metros de profundidad, el barreno 5 presentó un perfil similar al del barreno 1, aun cuando se realizó en la parte media a alta de la ladera.

Así, contaba con un horizonte B de 1,08 metros en la parte más profunda, caracterizado por su color terracota (5YR 5/6), alta humedad, baja permeabilidad y alta compactación. Aunque en general se trataba de un material masivo y homogéneo, matriz soportado con matriz arcillosa (y bajo contenido de limo), presentaba mayor contenido de limo en los 33 cm más superficiales, y unas manchas cafés de mayor granulometría.



E: 825472	**N:** 635638	**Z:** 264
Profundidad (cm): 120	**Unidad geológica:** Grupo Orito	

FOTOGRAFÍA 45. BARRENO 5
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL BARRENO 5
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

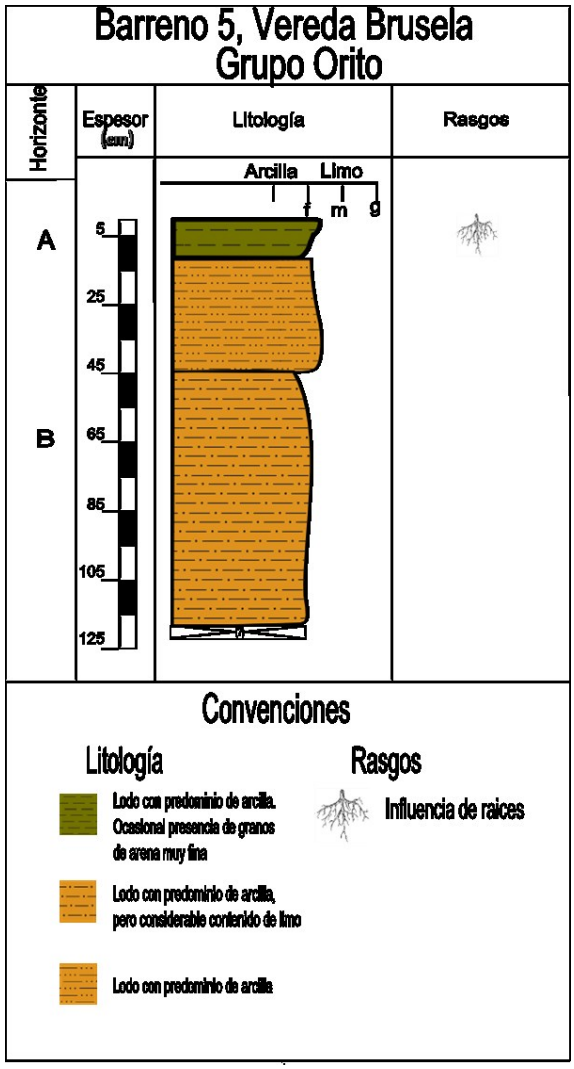


FIGURA 15. PERFIL DEL BARRENO 5
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL BARRENO 5
ELABORACIÓN PROPIA

Además, contaba con un horizonte A de 12 cm de espesor en la parte más superficial de la perforación, de un material lodoso (con mayor contenido de arcilla que de limo), matriz soportado, con un 5% de granos de arena muy fina, plasticidad, humedad y permeabilidad media, e influencia de raíces de hasta 1mm de diámetro.

- **Apique 4, vereda La Florida**

El último perfil descrito para los suelos residuales del Grupo Orito fue el obtenido en la vereda La Florida, en la media ladera de una de las colinas del lomerío. Se alcanzó una profundidad de 1,5 metros y no se encontró el nivel freático.



E: 825997	**N:** 622517	**Z:** 256
Profundidad (cm): 150	**Unidad geológica:** Grupo Orito	

FOTOGRAFÍA 46. APIQUE 4
TOMA DE MUESTRAS EN EL APIQUE 4
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

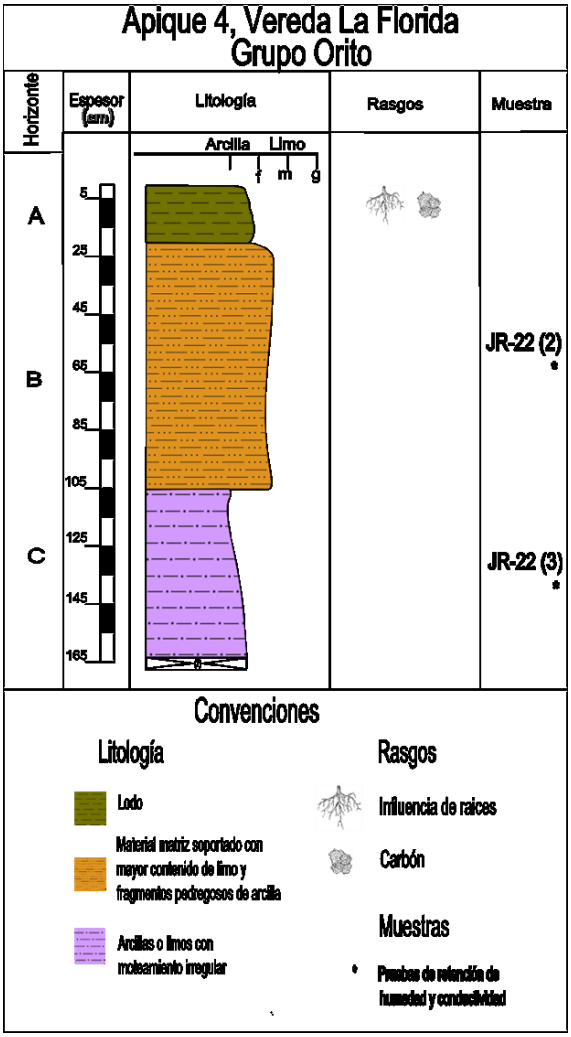


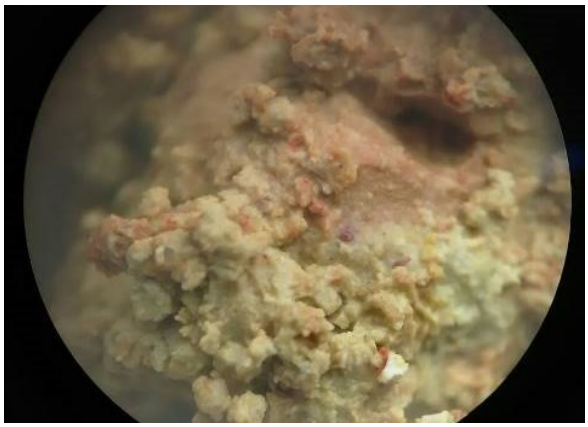
FIGURA 16. PERFIL DEL APIQUE 4
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL APIQUE 4
ELABORACIÓN PROPIA

Aunque el apique 4 exhibía los tres horizontes del apique 1 (A, B y C), sus espesores no eran totalmente coincidentes, mostrando diferente desarrollo del suelo en esta zona.

Así, el horizonte C con 60 cm de espesor, plasticidad y humedad alta, permeabilidad media a alta estaba compuesto por un material arcillolimoso (mayor contenido de arcilla que de limo) con coloración blanquecina (5Y 8/1) y vinotinto (5R 4/6), que con la pérdida de humedad se tornaba pedregoso (Fotografía 48). Además, presentaba moteamiento irregular, indicando variaciones del nivel freático (Fotografía 47).



FOTOGRAFÍA 47. MUESTRA JR-22. AP.4 (3) DEL HORIZONTE C. APIQUE 4



FOTOGRAFÍA 48. MUESTRA JR-22. AP.4 (3) DEL HORIZONTE C. APIQUE 4
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

El horizonte B, de 85 cm de espesor y color predominantemente terracota (5YR 5/6) con manchas amarillas irregulares, estaba compuesto por un material matriz soportado con 15 a 20% de un armazón compuesto por granos de cuarzo (80%), feldespatos (10%) y minerales oscuros incluyendo líticos y biotita (10%), de tamaño arena muy fina a fina, subredondeados a subangulares, con selección regular a buena (Fotografía 49 y Fotografía 50). Ocasionalmente presenta fragmentos de arcilla de alta cementación, producidos por disminución de humedad.

En general, mostraba plasticidad, humedad y permeabilidad media.



FOTOGRAFÍA 49. MUESTRA JR-22. AP.4 (2) DEL HORIZONTE B. APIQUE 4



FOTOGRAFÍA 50. MUESTRA JR-22. AP.4 (2) DEL HORIZONTE B. APIQUE 4
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

Por último, se encontraba el horizonte A, de 10 a 20 cm de espesor, color café (10YR 4/2) y textura arcillolimosa (mayor porcentaje de arcilla que de limo), con un porcentaje bajo (3%) de granos subangulares de cuarzo tamaño arena muy fina. Presentaba características de permeabilidad baja, humedad y plasticidad media a alta, influencia de raíces de hasta 1,4 cm y presencia de restos de carbón.

En resumen, los perfiles obtenidos y clasificados como suelos residuales de las rocas del Grupo Orito, hacían parte de la unidad geomorfológica de lomerío. En general

presentaban un horizonte A de materia orgánica de no más de 20 cm, un horizonte B sin estructuras heredadas de la roca original, con espesores variables entre 30 cm y 1,3 m, y en algunos sectores, un horizonte C con estructuras heredadas de las arcillolitas y lodolitas del Grupo Orito, visible desde profundidades de 1 m, o de 1,9 m, y a lo largo del cual se presentaban variaciones del nivel freático (horizontes de color lila de la Figura 12 y de la Figura 16).

Depósitos aluviales antiguos

Se presentan como una terraza alta muy disectada compuesta por materiales predominantemente lodosos que muestran un aumento gradual de tamaño de grano hacia abajo. Los materiales se encuentran afectados por intemperismo, lo cual evidencia su antigüedad, coherente con la alta disección observada y que será profundizada en el numeral de geomorfología. Probablemente estos materiales correspondan con la depositación a comienzos del Pleistoceno (menos de 2,3 millones de años) y su disección indique que existe un levantamiento tectónico relativamente reciente para la zona de estudio.

Estos materiales fueron caracterizados en un apique, que será descrito en detalla a continuación.

Apique 2, vereda La Reforma

Se realizó y describió un apique de 2 metros de profundidad donde se observaron materiales lodosos no litificados, con granodecrecimiento desde la parte inferior hacia la parte superior, sin presencia de nivel freático, pero con alta humedad.

Cabe resaltar que aun habiendo alcanzado una profundidad de dos metros, no se observaron niveles de materiales gruesos ni evidencias de estratificación.

El nivel inferior correspondiente al horizonte B, exhibía un espesor de 1,9 metros, era homogéneo, de color terracota (5YR 5/6), plasticidad y humedad alta y permeabilidad media. En cuanto a su textura, se trataba de un material matriz soportado con 85% de matriz y 15% de armazón. Su matriz era arcillosa y su armazón se conformaba de granos subredondeados a angulares de cuarzo y líticos oscuros de tamaño arena fina a gruesa, con ocasionales fragmentos de roca redondeados de hasta 5mm de diámetro o 3mm en la parte superior (Fotografía 52 y Fotografía 53).



E: 827418	**N:** 625073	**Z:** 225
Profundidad (cm): 200	**Unidad geológica:** Grupo Orito	

FOTOGRAFÍA 51. APIQUE 2
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL APIQUE 2
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

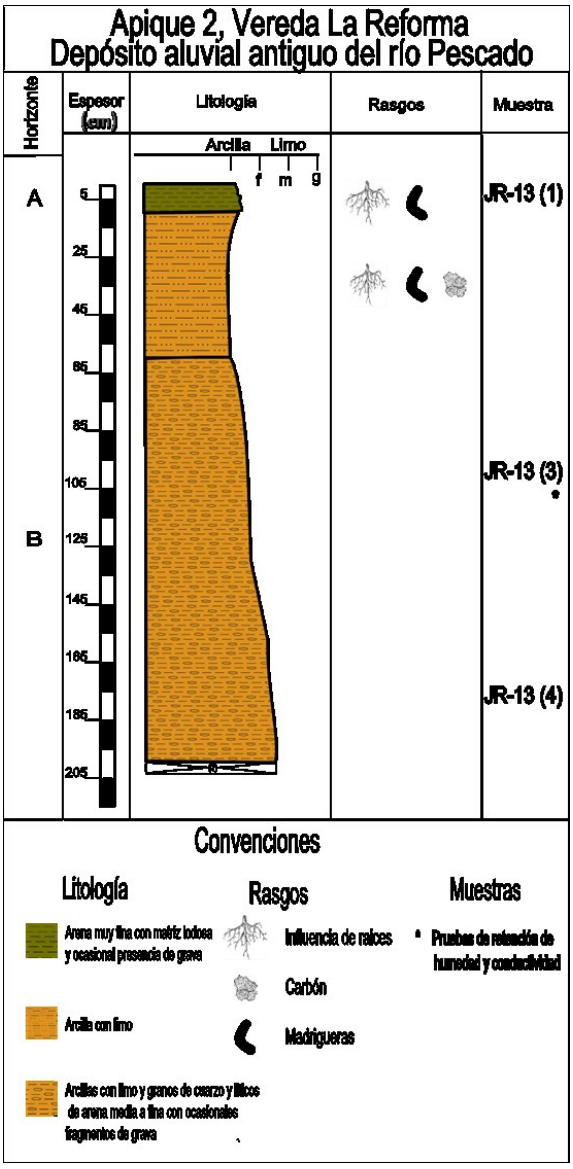
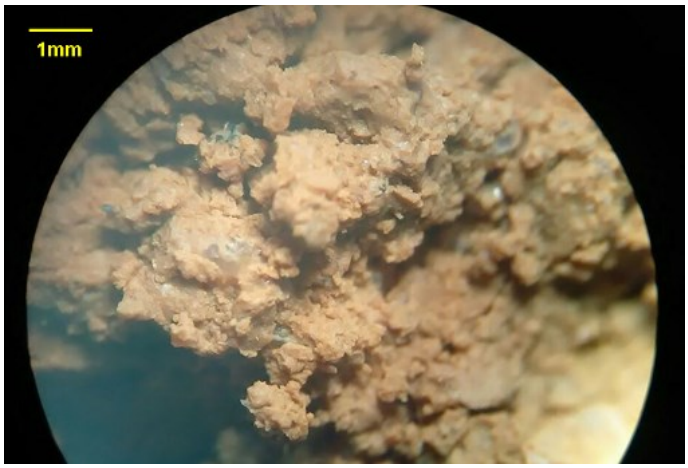


FIGURA 17. PERFIL DEL APIQUE 2
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL APIQUE 2
ELABORACIÓN PROPIA

Además, los 50 cm más someros presentaban alta bioperturbación (madrigueras de lombrices y otros organismos) junto con influencia de raíces de hasta 3cm de diámetro y restos de carbón por procesos de quema (Fotografía 54).



FOTOGRAFÍA 52. MUESTRA JR-13 (4) DEL HORIZONTE B. APIQUE 2



FOTOGRAFÍA 53. MUESTRA JR-13 (4) DEL HORIZONTE B. APIQUE 2
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X



FOTOGRAFÍA 54. HORIZONTE B EN EL APIQUE 2
DEPÓSITOS ALUVIALES ANTIGUOS, DE COLOR TERRACOTA QUE INDICA TIEMPO DE EXPOSICIÓN A LOS AGENTES DEL INTEMPERISMO, CON INFLUENCIA DE RAÍCES Y PRESENCIA DE RESTOS DE CARBÓN DE QUEMA

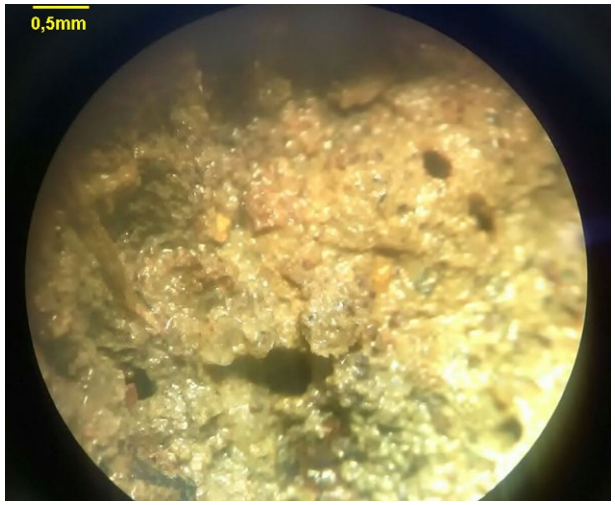
También se observaba el horizonte A en la parte más superficial con un espesor variable entre 5 y 10 cm, color café oscuro (10YR 4/2), un contenido considerable de materia orgánica, plasticidad media a alta, humedad media, permeabilidad media y alta bioperturbación (madrigueras de insectos e influencia de raíces, visibles en la Fotografía 55 y la Fotografía 56).

Se trataba de un material matriz soportado con 60% de matriz compuesta por lodo (tanto arcilla como limo) y 40% de armazón. Este último, se encontraba mal seleccionado, con

contenido de granos desde arena muy fina hasta grava (mayor a 2mm, con fragmentos de hasta 4mm), subangulares a angulares de cuarzo y feldespatos.



FOTOGRAFÍA 55. MUESTRA JR-13 (1) DEL HORIZONTE A. APIQUE 2



FOTOGRAFÍA 56. MUESTRA JR-13 (1) DEL HORIZONTE A. APIQUE 2
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 4X

Depósitos aluviales recientes

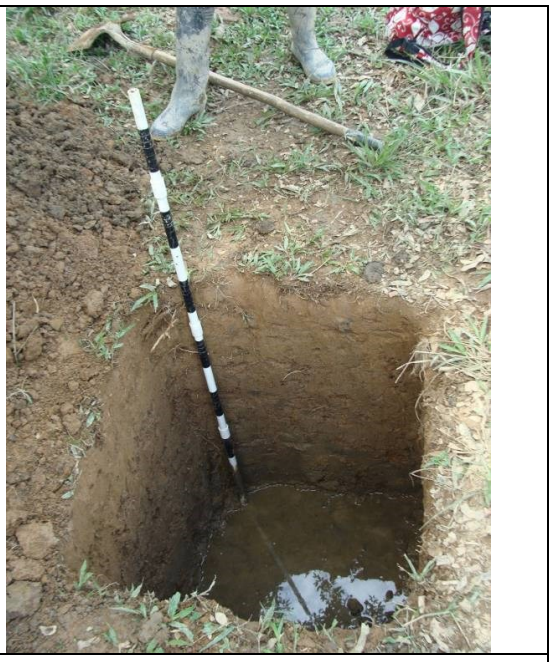
Depósitos aluviales recientes del río Pescado

En la llanura de inundación del río Pescado, se identificó un depósito aluvial compuesto predominantemente por arena muy fina y limos (apique 3 y barreno 2 realizados en la zona de playa del río y en una primera terraza del mismo). Además de las playas, también conforma una terraza baja (1 metro de altura aproximadamente sobre el nivel del río en la visita de campo). Los depósitos del río en los lugares controlados mostraban una alternancia entre materiales limosos y arenosos, en niveles que variaban entre 40 y 60 cm aproximadamente y que evidenciaban periodos cíclicos o dinámicas repetitivas del río (Figura 20), correspondientes a cambios en los niveles del agua (inundaciones o periodos de sequía y nivel bajo del río) y en la cantidad de energía de la corriente.

Presentaba minerales máficos como biotita, granulometría limosa y arenosa, baja plasticidad, alta humedad, alta permeabilidad y colores más grisáceos que los de los suelos ya descritos (10YR 5/4, café moderadamente amarillento; 10YR 6/2, café pálido amarillento, según la tabla de colores de Munsell).

- **Apique 3, vereda La Reforma**

El apique 3 se realizó en zona de llanura de inundación del costado sur del río Pescado, sobre una primera terraza de aproximadamente 1 metro de altura con respecto al nivel del río. Contó con una profundidad de 1 metro, coincidente con el nivel de agua, y sólo exhibió dos niveles de sedimento:



E: 826458	**N:** 625798	**Z:** 231
Profundidad (cm): 100	**Unidad geológica:** Depósito aluvial reciente	

FOTOGRAFÍA 57. APIQUE 3
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL APIQUE 3
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

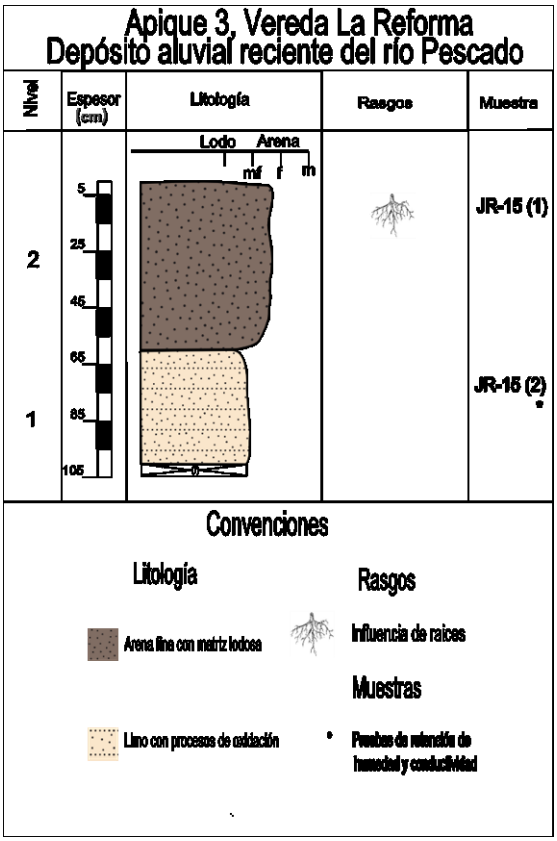
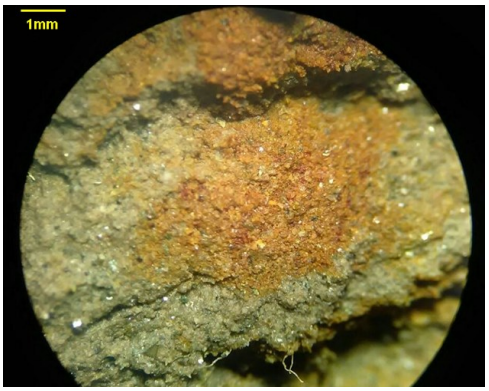


FIGURA 18. PERFIL DEL APIQUE 3
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL APIQUE 3
ELABORACIÓN PROPIA

El más profundo (nivel1), con espesor medido de 40 cm correspondía a un material masivo, limoso, con granos de cuarzo, micas, minerales máficos, líticos y feldespatos de tamaño limo hasta arena muy fina, bien seleccionados, redondeados a subangulares. Mostraba procesos de oxidación en láminas rojizas que contrastaban con un color marrón grisáceo (entre 10YR 4/2 y 10YR 6/2). Además, tenía permeabilidad y humedad alta, y plasticidad media a baja (Fotografía 58 y Fotografía 59).



FOTOGRAFÍA 58. MUESTRA JR-15. AP.3 (2) DEL NIVEL 1.
APIQUE 3

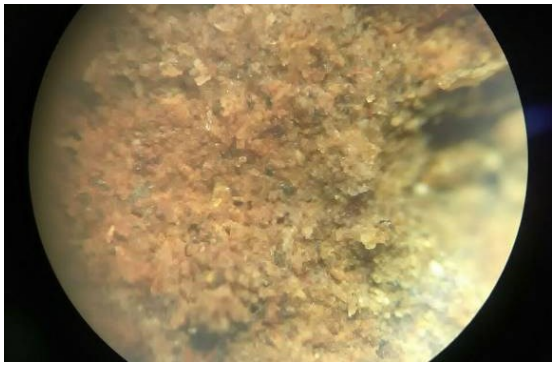


FOTOGRAFÍA 59. MUESTRA JR-15. AP.3 (2) DEL NIVEL 1.
APIQUE 3
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

Por otro lado el nivel más superficial (nivel 2) con 60 cm de espesor correspondía a un material armazón soportado, con 20% de matriz lodosa y 80% de armazón, compuesto por granos bien seleccionados de cuarzo, micas, minerales máficos y feldespatos de tamaño arena fina (Fotografía 60 y Fotografía 61). Además presentaba influencia de raíces, baja plasticidad, alta humedad y alta permeabilidad.



FOTOGRAFÍA 60. MUESTRA JR-15. AP.3 (1) DEL NIVEL 2.
APIQUE 3



FOTOGRAFÍA 61. MUESTRA JR-15. AP.3 (1) DEL NIVEL 2.
APIQUE 3
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 4X

- **Barreno 2, vereda La Reforma**



E: 826451	**N:** 625854	**Z:** 220
Profundidad (cm): 110	**Unidad geológica:** Depósito aluvial reciente	

FOTOGRAFÍA 62. BARRENO 2
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL BARRENO 2
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

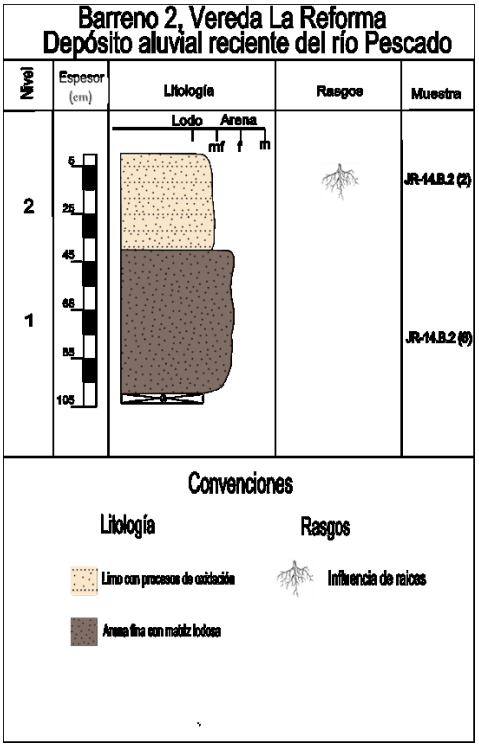


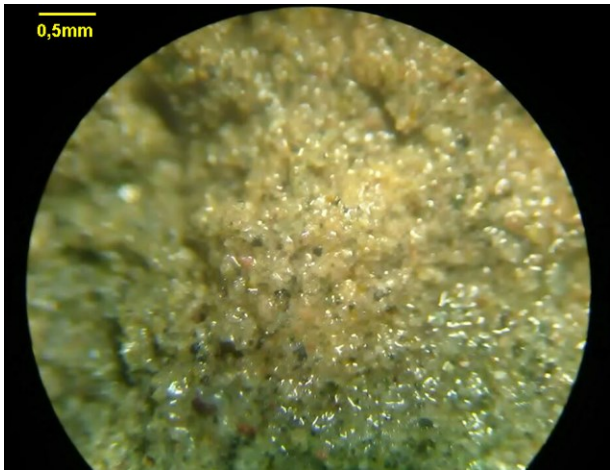
FIGURA 19. PERFIL DEL BARRENO 2
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL BARRENO 2
ELABORACIÓN PROPIA

El barreno 2 de 1,10 m de espesor, realizado en la zona de playa del río Pescado, mostró dos niveles de materiales, y saturación a 1 metro de profundidad.

El nivel inferior (nivel 1) de 65 cm de espesor era de color café grisáceo (5Y 6/1) y estaba conformado por material con granos tamaño arena fina, bien seleccionados, subredondeados a subangulares con buena esfericidad. Mostraba un contenido de 85% de cuarzo, 5% de feldespatos y 10% de minerales máficos, incluyendo biotita (Fotografía 63 y Fotografía 64). Además exhibía humedad muy alta, permeabilidad alta y plasticidad nula.



FOTOGRAFÍA 63. MUESTRA JR-14. B.2 (6) DEL NIVEL 1. BARRENO 2

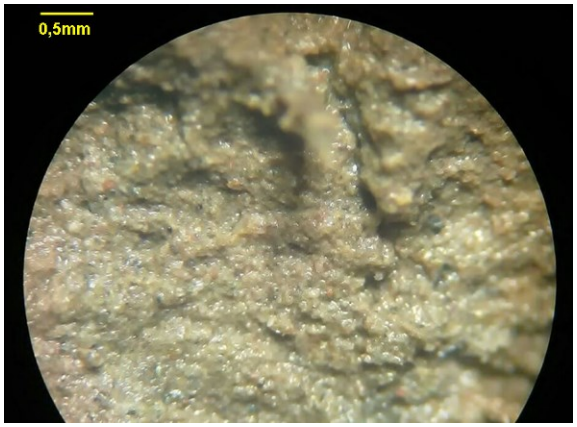


FOTOGRAFÍA 64. MUESTRA JR-14. B.2 (6) DEL NIVEL 1. BARRENO 2
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 4X

El nivel superior (nivel 2, correspondiente al nivel 1 del apique 3) de 45 cm de espesor era de color gris (5Y 5/2) y estaba conformado por material limoarcilloso de composición predominantemente cuarzosa, de plasticidad media, humedad alta, con influencia de raíces de hasta 1mm y permeabilidad media a baja. También evidenciaba procesos de oxidación en zonas con colores amarillentos o anaranjados, además de contar con la presencia de manchas cafés de granulometría mayor, con granos entre arena muy fina a fina (Fotografía 65 y Fotografía 66).



FOTOGRAFÍA 65. MUESTRA JR-14. B.2 (2) DEL NIVEL 2. BARRENO 2



FOTOGRAFÍA 66. MUESTRA JR-14. B.2 (2) DEL NIVEL 2. BARRENO 2
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 4X

Es importante mencionar que la dinámica de los ríos incluye los procesos de inundación, así como la depositación de materiales. Las zonas donde se dan estas dinámicas corresponden al cauce mayor del río, lo cual tiene una implicación jurídica de restricción a actividades humanas con alto potencial de contaminación. Las actividades petroleras deben excluirse de la llanura de inundación, para no afectarla negativamente o para no generar impactos indeseables en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

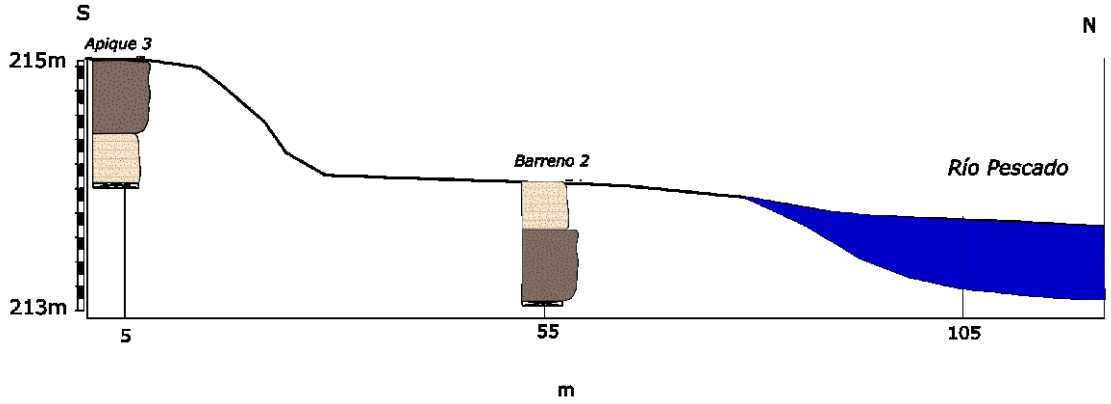


FIGURA 20. COMPARACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES
ESQUEMA QUE MUESTRA LOS SEDIMENTOS DE LOS DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES DEL RÍO PESCADO. SE EVIDENCIAN EVENTOS CÍCLICOS EN NIVELES DE GRANULOMETRÍA GRUESA (COLOR CAFÉ) SEPARADOS POR NIVEL DE GRANULOMETRÍA MÁS FINA (COLOR CREMA)
ELABORACIÓN PROPIA

Depósitos aluviales recientes de quebradas

Materiales lodosos a arenosos depositados por algunas de las corrientes que disectan las rocas y suelos residuales correspondientes al Grupo Orito. Para caracterizar estos materiales se realizó un barreno, descrito a continuación.

- **Barreno 4[41], vereda Bruselas**

El barreno 4 fue realizado en el borde de una quebrada que atravesaba zona de lomerío en la vereda Bruselas. Exhibía 3 niveles representativos de sedimentos traídos por las quebradas.

El primero y más profundo contaba con 20 cm de espesor, presentaba una textura exclusivamente arenosa con granos de tamaño arena fina, humedad media a alta, plasticidad nula, permeabilidad alta, y una composición de más del 95% de cuarzo.

El segundo nivel, de 50 cm de espesor y color amarillento (entre 10YR 8/6 y 10YR 6/6) correspondía a arenas armazón soportadas de granos de cuarzo tamaño arena gruesa a muy gruesa, con restos de carbón. Plasticidad nula y alta permeabilidad y humedad (Fotografía 68 y Fotografía 69).

[41] Los 30 cm más profundos del barreno corresponden al horizonte B de los suelos residuales del Grupo Orito, y por eso no se tienen en cuenta en la descripción de esta unidad.



E: 828384	**N:** 637677	**Z:** 248
Profundidad (cm): 155	**Unidad geológica:** Depósitos aluviales recientes	

FOTOGRAFÍA 67. BARRENO 4
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN EL BARRENO 4
CADA FRANJA NEGRA O BLANCA MIDE 10CM

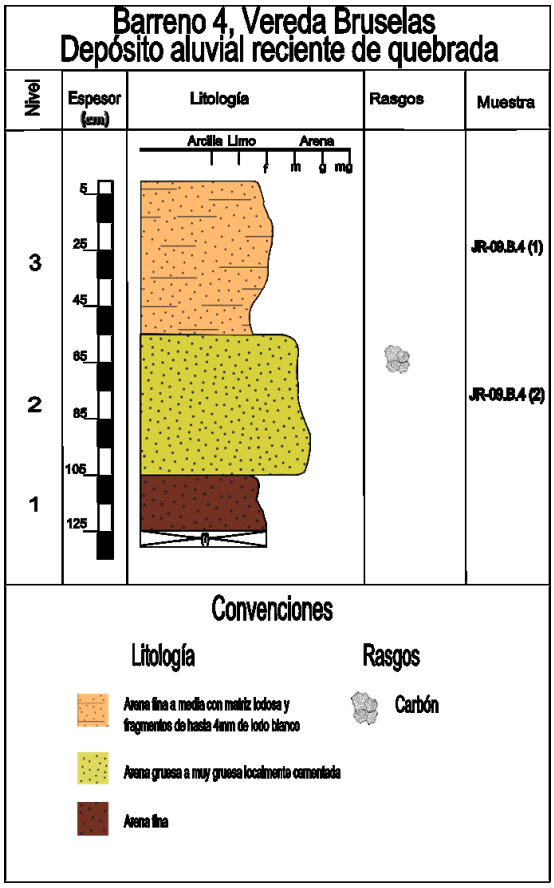
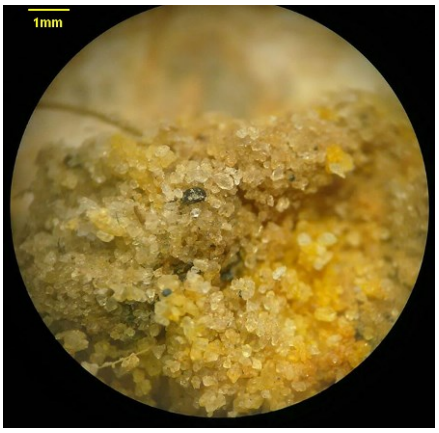


FIGURA 21. PERFIL DEL BARRENO 4
ESQUEMA DEL PERFIL OBTENIDO EN EL BARRENO 4
ELABORACIÓN PROPIA



FOTOGRAFÍA 68. MUESTRA JRM-09. B.4 (2) DEL NIVEL 3.
BARRENO 4

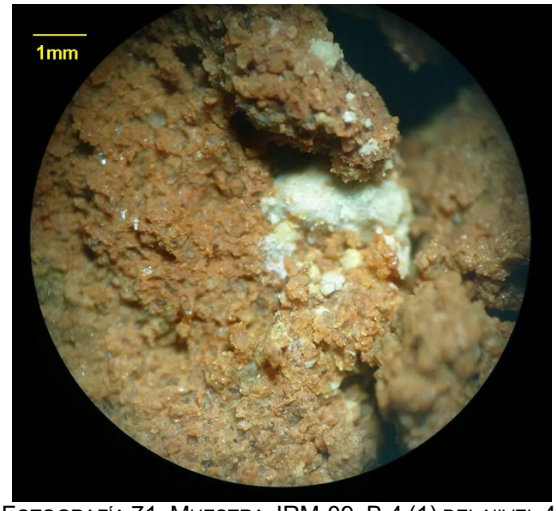


FOTOGRAFÍA 69. MUESTRA JRM-09. B.4 (2) DEL NIVEL 3.
BARRENO 4
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

El último y tercer nivel, correspondiente a los 55 cm más superficiales, tenía un color marrón rojizo (5YR 5/6), plasticidad y permeabilidad media, y humedad alta. Se trataba de un material armazón soportado con 30% de matriz lodosa y 70% de armazón con buena selección y tamaño de grano arena fina a media, compuesto por 95% de cuarzo y 5% de feldespatos. Ocasionalmente presentaba fragmentos de lodo blanco, redondeados, de hasta 4mm de diámetro (Fotografía 70 y Fotografía 71).



FOTOGRAFÍA 70. MUESTRA JRM-09. B.4 (1) DEL NIVEL 4. BARRENO 4



FOTOGRAFÍA 71. MUESTRA JRM-09. B.4 (1) DEL NIVEL 4. BARRENO 4
VISTA BAJO LUPA BINOCULAR. AUMENTO DE 2X

2.1.3.2 Análisis químicos de los materiales (DRX-Difracción de Rayos X)

Dentro del APE, la medición de pH de las aguas superficiales y subterráneas someras arrojó resultados ácidos (alrededor de 4,5 y 5). Sin embargo se pudo observar que a medida que los puntos de muestreo se acercaban al río Pescado, los valores de pH aumentan (ver sección de Calidad de agua).

Para verificar si la composición de suelos y rocas en la región tenía influencia en los valores de pH obtenidos, se hicieron análisis de difracción de rayos X (DRX) en una muestra de suelo residual del Grupo Orito, otra en suelo desarrollado a partir de depósitos aluviales antiguos del río Pescado, y una última en sedimento de los depósitos aluviales recientes del mismo río (Figura 22).

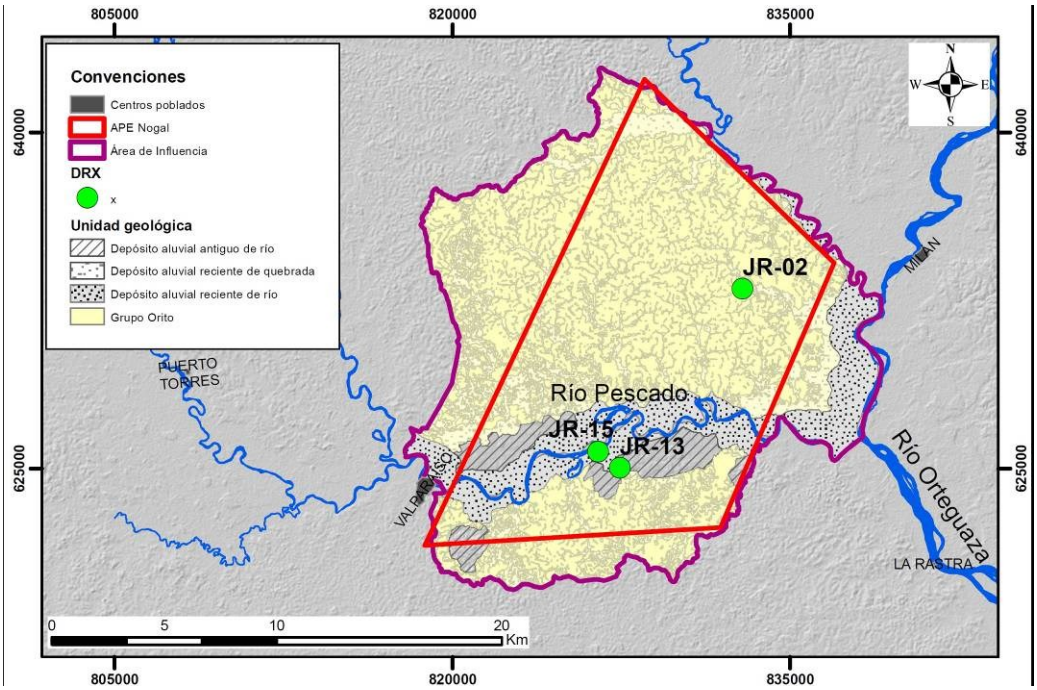


FIGURA 22. LOCALIZACIÓN DE MUESTRAS CON DRX EN EL APE
ELABORACIÓN PROPIA

Dicho análisis permitió obtener valores semicuantitativos de la composición mineralógica de los materiales, en muestras ubicadas a diferentes distancias del río Pescado como se detalla a continuación, a través de la comparación y coincidencia de los picos obtenidos con las señales de los minerales registradas en la base de datos del programa DIFFRAC.EVA (Ver Anexo 4).

TABLA 1. MINERALES ENCONTRADOS EN ANÁLISIS DE DRX

Mineral	Grupo	Composición aproximada	Muestra		
			JR-02	JR-13	JR-15
Cuarzo	Sílice	SiO_2	x	x	x
Goethita	Hidróxidos	$FeO(OH)$	x	x	
Haloisita	Arcillas	$Al_20_3.2SiO_2.2H_2O$	x	x	x
Caolinita	Arcillas	$Al_20_3.2SiO_2.2H_2O$	X	x	x
Diquita	Arcillas	$Al_20_3.2SiO_2.2H_2O$	x		x
Brookita	Óxidos	$Ti(Fe)O_2$	x		
Illita	Micas	$KAl_2(OH)_2[AlSi_3(O,OH)_{10}]$	x		
Biotita	Micas	$K_2(Mg,Fe)_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$			x
Clorita	Micas	$Mg_5(Al,Fe)(OH)_8(Al,Si)_4O_{10}$			x
Microclina	Silicatos, Feldespatos	$KAlSi_3O_8$		x	
Albita	Silicatos, Feldespatos	$(Na,Ca)AlSi_3O_8$			x

ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN DATOS DE KERR, 1965[42]

[42] Kerr, P. (1965). *Mineralogía Óptica.* Madrid: Ediciones del Castillo S.A

Grupo Orito

El difractograma de la muestra JR-02, tomada en rocas del Grupo Orito a una profundidad de 1,25 m en el barreno 1 ubicado en la parte alta de la ladera de una colina de la vereda Rochela Baja, correspondiente a lodo de color terracota con pequeños lentes limosos, mostró alto contenido de cuarzo (30,7%), goethita (27,7%) y haloisita (20,2%), además de presencia de minerales de arcilla como caolinita (10,3%), diquita (4,3%), micas como illita (4,4) y óxidos de titanio como la brookita[43] (2,4%), como se ve en la siguiente figura.

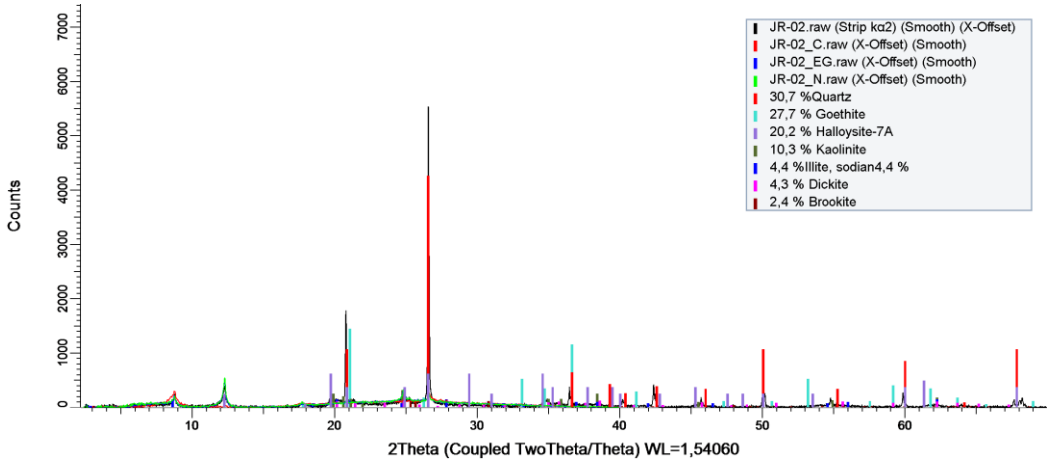


FIGURA 23. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA JR-02. SUELO RESIDUAL DEL GRUPO ORITO
LOS PICOS INDICAN LA PRESENCIA PREDOMINANTE DE CUARZO, GOETHITA Y HALOISITA
ELABORACIÓN PROPIA

Es de aclarar que la haloisita y la diquita son arcillas que hacen parte del grupo de la caolinita y que provienen de la hidratación y alteración de feldespatos. Particularmente, la haloisita de las rocas del Grupo Orito y sus suelos residuales, se produce como alteración de depósitos volcánicos, relacionados con la Formación Saldaña, según lo expuesto en el estudio del Servicio Geológico[44].

Aunque la difracción de rayos X genera una composición mineralógica aproximada de las muestras analizadas, lo que debe resaltarse en este caso es la alta presencia de minerales de arcilla ricos en aluminio y de minerales con contenido de hierro, responsables de la coloración rojiza de los suelos (goethita). Así, la interacción de estos minerales con el agua, puede generar una dinámica de intercambio iónico, con posibles repercusiones en el pH de las aguas.

Depósitos aluviales antiguos del río Pescado

La segunda muestra analizada (JR-13), tomada en suelos desarrollados a partir de depósitos antiguos del río Pescado, recolectada en zona de terraza alta a una profundidad de 1,70 m en el apique 2, ubicado en la vereda La Reforma, arrojó un contenido de cuarzo (48%), haloisita (25,9%) y caolinita (12,9%) como minerales predominantes y presencia de feldespato alcalino (microclina en un porcentaje de 7,1%) y goethita (6,1%).

[43] Aunque es un óxido de titanio, puede contener hierro en su estructura. La cantidad de este elemento puede reflejarse en el color del mineral, dándole tonalidades oscuras de color marrón.
[44] Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Geología de la plancha 432 – San José del Fragua. Memoria Explicativa.* Bogotá.

De esta manera, fue posible notar una disminución en el contenido de hierro en zonas de terraza alta con respecto a las zonas de lomerío, y un aumento relativo en la cantidad de minerales de arcilla (haloisita y caolinita). El primer cambio también era evidente en campo, ya que la coloración del material pasaba de un rojo intenso (Grupo Orito) a un naranja (Depósito aluvial antiguo).

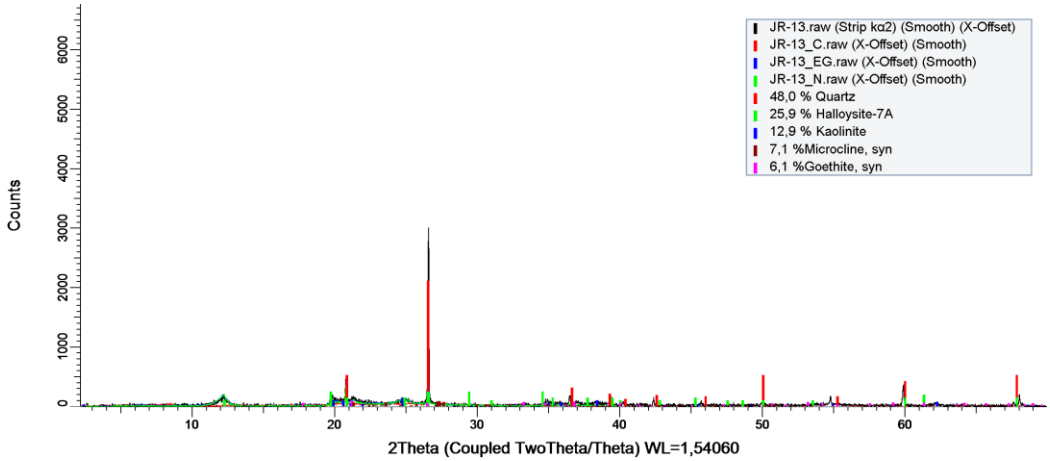


FIGURA 24. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA JR-13. DEPÓSITO ALUVIAL ANTIGUO DEL RÍO PESCADO
LOS PICOS INDICAN LA PRESENCIA PREDOMINANTE DE CUARZO, HALOISITA Y CAOLINITA, Y UN BAJO PORCENTAJE DE GOETHITA
ELABORACIÓN PROPIA

Depósitos aluviales recientes del río Pescado

La última muestra (JR-15) fue tomada en cercanías a la orilla del río Pescado, a una profundidad aproximada de 40cm, y correspondía a sedimento del depósito aluvial reciente del río. Su análisis de difracción de rayos X mostró contenido de cuarzo (29,8%), haloisita (23,4%), albita (18,6%) y caolinita (10,9%) como minerales predominantes, y presencia de diquita (8,1%), biotita (7,2) y clorita (2,2%).

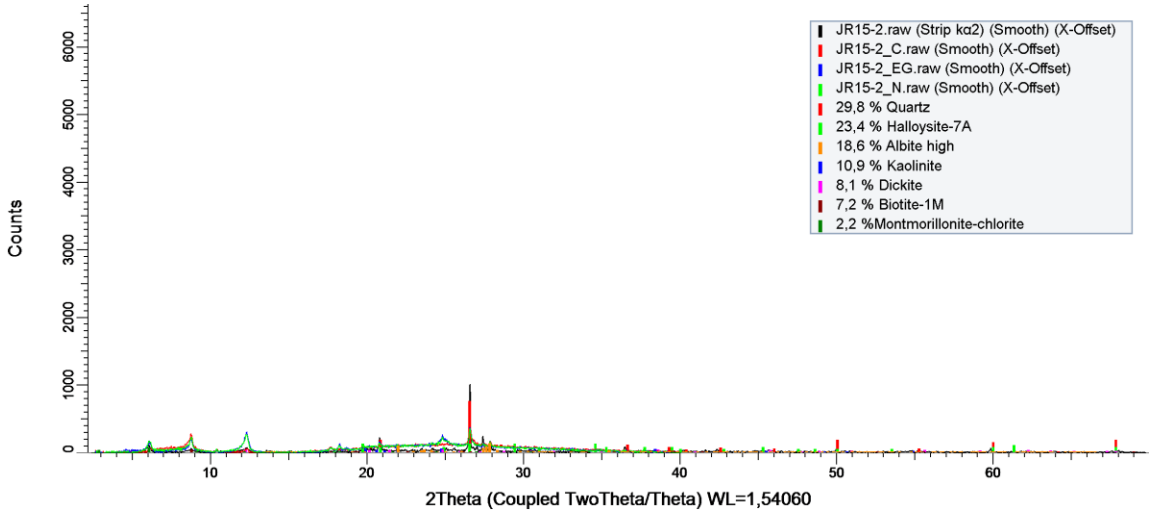


FIGURA 25. DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA JR-15. DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES DEL RÍO PESCADO
LOS PICOS INDICAN LA PRESENCIA PREDOMINANTE DE CUARZO, HALOISITA, ALBITA Y CAOLINITA, Y APARICIÓN DE MICAS
ELABORACIÓN PROPIA

Así, se percibió una diferencia en el contenido de feldespatos: las muestras de los suelos residuales del Grupo Orito y de depósitos aluviales antiguos del río Pescado, dichos silicatos eran poco abundantes o no aparecían, mientras que presentaban mayor proporción en los depósitos recientes. Por otro lado, en estos últimos se identificó la presencia minerales micáceos como biotita y clorita, que no habían sido observados en las otras unidades, y que junto con los líticos observados en muestra de mano, indicaban la existencia de una relación de los sedimentos con rocas de la Cordillera de los Andes.

Adicionalmente, se constató la ausencia de óxidos o hidróxidos de hierro como la goethita, que ya se deducía por el cambio de color observado en campo, de tonos rojizos en los suelos residuales del Grupo Orito a tonos grisáceos o marrones en materiales de la vega del río.

Resultados

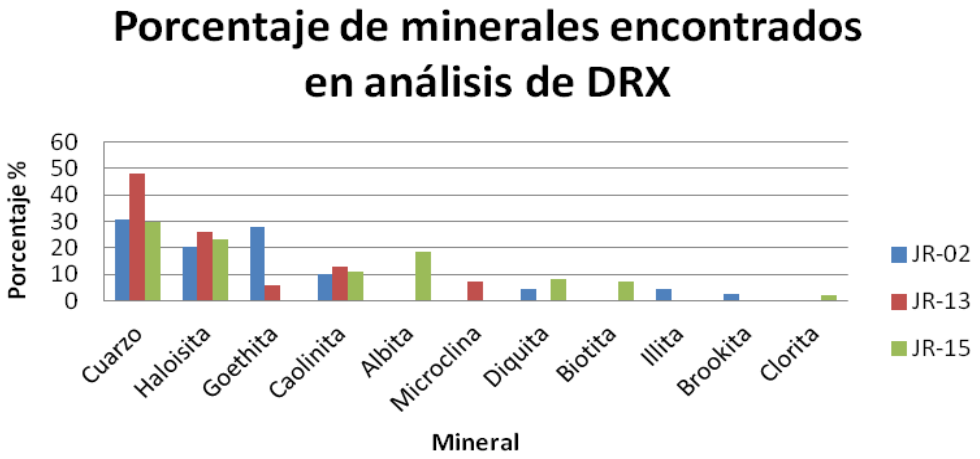


FIGURA 26. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DRX
ELABORACIÓN PROPIA

Los resultados de la difracción permitieron observar que la zona tenía minerales ricos en aluminio y en hierro, pero que el contenido de este último, presente en óxidos e hidróxidos, disminuía con el acercamiento al cauce del río Pescado. Asimismo, se percibió aumento de feldespatos y minerales micáceos (biotita y clorita) en depósitos del río Pescado, que no se habían observado en los suelos residuales del Grupo Orito ni en los suelos de sus depósitos antiguos.

Adicionalmente, se encontró que la haloisita, un mineral del grupo de la caolinita, tenía una presencia importante en la región, no sólo en los suelos residuales, sino también en los depósitos aluviales, sugiriendo una relación con rocas volcánicas de la Cordillera de los Andes.

Las variaciones antes mencionadas, podían tener un efecto en el pH de las aguas, que también cambiaba con la distancia al río Pescado (para mayor detalle, consultar el componente de calidad de aguas).

2.1.3.3 Geología estructural

Tectónica y agua

La geología estructural involucra la descripción y medición de la deformación de la corteza a diferentes escalas; dicha deformación se expresa a manera de fallas y fracturas (deformación frágil) o pliegues (deformación dúctil). Ahora bien ¿cuál es la relación de estos aspectos con el agua?

La corteza terrestre está conformada por una serie de mosaicos (placas) que se mueven con cierta independencia unas de otras generando choques y tensiones que generan deformaciones. El rasgo que mejor revela estas dinámicas son las cordilleras, que corresponden a apilamientos de roca formados por placas que chocan frontal u oblicuamente. También se pueden generar montañas como resultado de deformaciones de cizalla. Cada tipo de deformación genera patrones de fractura particulares y es importante mencionar en el contexto de la zona de estudio que la cizalla se caracteriza por fracturas muy apretadas con planos verticales o sub-verticales. Toda esta construcción de la corteza por la interacción dinámica de sus placas componentes se denomina tectónica.

En el contexto tectónico, esfuerzos de tensión (vectores divergentes) resultan en fallas normales, en donde se acomodan extensiones en la horizontal y acortamientos en la vertical. Los esfuerzos compresivos (vectores convergentes) dan lugar a contracciones en la horizontal y acortamientos (apilamientos) en la vertical. Para el caso de esfuerzos transcurrentes (vectores que no se encuentran ni divergen sino que actúan horizontalmente pero en sentido contrario) tanto las contracciones como las extensiones se dan en sentido horizontal.

Los estudios de tectónica son muy importantes geoambientalmente dado 1) se relacionan con eventual sismogeneración por la acción de fallas geológicas, y 2) permiten entender el entramado de fracturas que son caminos para las aguas subterráneas.

Las zonas donde en el subsuelo se presenta interconectividad de fracturas se constituyen en áreas de recarga natural para los acuíferos en profundidad, convirtiéndose en conexiones de alta permeabilidad desde la superficie colectando aguas meteóricas hasta acuíferos profundos, especialmente en donde hay extensión y por lo tanto, fracturas abiertas. Por otro lado, estas características aumentan las posibilidades de contaminación en niveles profundos por infiltración en caso de una eventual liberación de sustancias nocivas, lo cual está directamente relacionado con el grado de vulnerabilidad del acuífero a ser afectado por intervención antrópica. Lo anterior está fuertemente sustentado en estudios llevados a cabo en otros lugares del mundo (Caine[45], 1996; Cello et al.[46], 2001; Jourde[47], 2007 entre otros). En este contexto, y teniendo como objetivo la preservación del ciclo del agua, es necesario revaluar la importancia de la geología como insumo ambiental y superar estudios como los que se ven en los EIA donde hay una descripción

[45] Caine, J. S., Evans, J. P., & Forster, C. B. (1996). Fault zone architecture and permeability structure. Geology(24), 1025-1028.
[46] Cello, G., E. Tondi, L. Micarelli, C. Invernizzi. (2001) Fault zone fabrics and geofluid properties as indicators of rock deformation modes. Journal of Geodynamics, 32, 543–565.
[47] Jourde, H. (2007). Relationship between the geometrical and structural properties of layered fractured rocks and their effective permeability tensor. A simulation study. Journal of hydrology, 337, 117-132.

somera de materiales geológicos y una enumeración de fallas geológicas pero sin la relación de estos aspectos con lo ambiental.

En términos de la función y servicios de los ecosistemas, el agua y su regulación son fundamentales y por ello se apela a la consideración del principio de precaución dentro del proceso de toma de decisiones que puedan afectar de manera irreversible los valores ambientales de ecosistemas estratégicos (Fierro-Morales[48], 2008; Fierro Morales[49], 2016; Terrae, 2016a[50] y 2016b[51]).

Con el fin de acercarse a un entendimiento de la deformación en la zona de estudio se tuvieron tres niveles de abordaje: 1) el análisis e interpretación de modelos digitales de elevación interpretados en escala 1:100.000, donde cada centímetro en la imagen corresponde a un kilómetro de territorio; 2) la medición sistemática de datos de fractura en las rocas que afloran en campo (se tomaron 87 datos de rumbo y buzamiento en nuestro levantamiento rápido, contrastando con los cero (0) datos registrados en el Estudio de impacto ambiental presentado por Emerald , y 3) la observación de patrones microscópicos de fractura en las secciones delgadas obtenidas de las rocas presentes en la zona de estudio.

Análisis en diferentes escalas

Análisis regional

Se llevó a cabo un análisis de alineamientos sobre el modelo digital de elevación (30 metros), con el cual se tuvo un cubrimiento regional, desde el Piedemonte Caqueteño en el frente de montaña hasta inmediaciones del casco urbano de Solano.

Los lineamientos incluyen la coincidencia en el rumbo de formas tales como valles, cuchillas, diaclasas maestras, etc. y permiten inferir que dichas formas están controladas por los sistemas de fracturas y fallas que gobiernan los macizos rocosos, en particular los verticales o subverticales. Dentro de los análisis llevados a cabo se pueden marcar estructuras principales que tienen elementos morfotectónicos tales como cambio de rumbo en las estructuras, lomos de presión, cambios de cauce de ríos principales, entre otros, que permiten inferir sentido de desplazamiento y levantamiento de bloques tectónicos.

Los lineamientos que por relacionarse con cambios anómalos en cursos de agua que coinciden con las torsiones en los rumbos se definen como fallas inferidas, que se constituyen en las principales estructuras tectónicas.

[48] Fierro Morales, J. (2008). Geología del área denominada Parque Minero Industrial Mochuelo, Localidad de Ciudad Bolívar. Informe interno Secretaría Distrital de Ambiente.
[49] Fierro Morales, J. (2016). Geología, geomorfología y aspectos hidrogeológicos de la cuenca del río La Playa (Chingaza, Cundinamarca). Informe interno Empresa de Acueducto de Bogotá.
[50] Terrae Corporación Geoambiental (2016a). Concepto técnico a la Corte Constitucional sobre impactos y daños ambientales relacionados con la minería ilegal de oro en la cuenca del río Atrato.
[51] Terrae Corporación Geoambiental (2016b). Concepto técnico a la Corte Constitucional sobre impactos y daños ambientales relacionados con la el proyecto de extracción P40 de Cerrejón (Guajira)

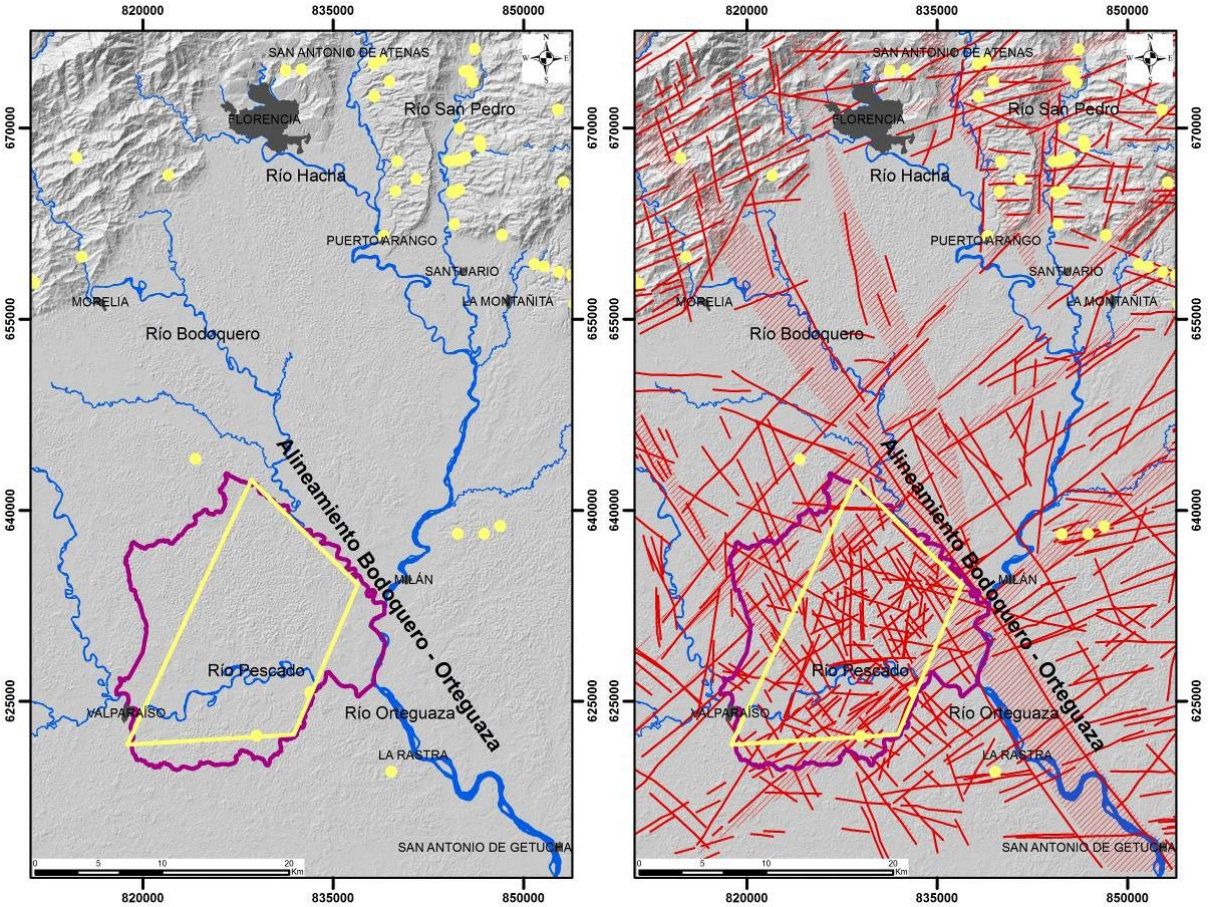


FIGURA 27. MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN CON Y SIN INTERPRETACIÓN MORFOTECTÓNICA
ELABORACIÓN PROPIA

En la zona es claro un patrón de deformación predominante con dirección N50-60°E que muestran evidencias de correspondencia con fallas de desplazamiento lateral derecho, particularmente en el rasgo identificado en la zona de confluencia del río Pescado con el Orteguaza. Además, se identificó que la principal estructura corresponde a un alineamiento denominado informalmente Bodoquero-Orteguaza, que hace parte de un sistema conjugado N30-45W, con indicios de corresponder a fallas de rumbo sinestrales (como puede verse en la geometría del frente de montaña). Tales patrones de fracturas y fallas no han sido suficientemente estudiados a pesar que al parecer controlan estructuras a nivel regional en todo el Piedemonte Amazónico Caqueteño y continúan aun adentrándose en el piedemonte de lomerío.

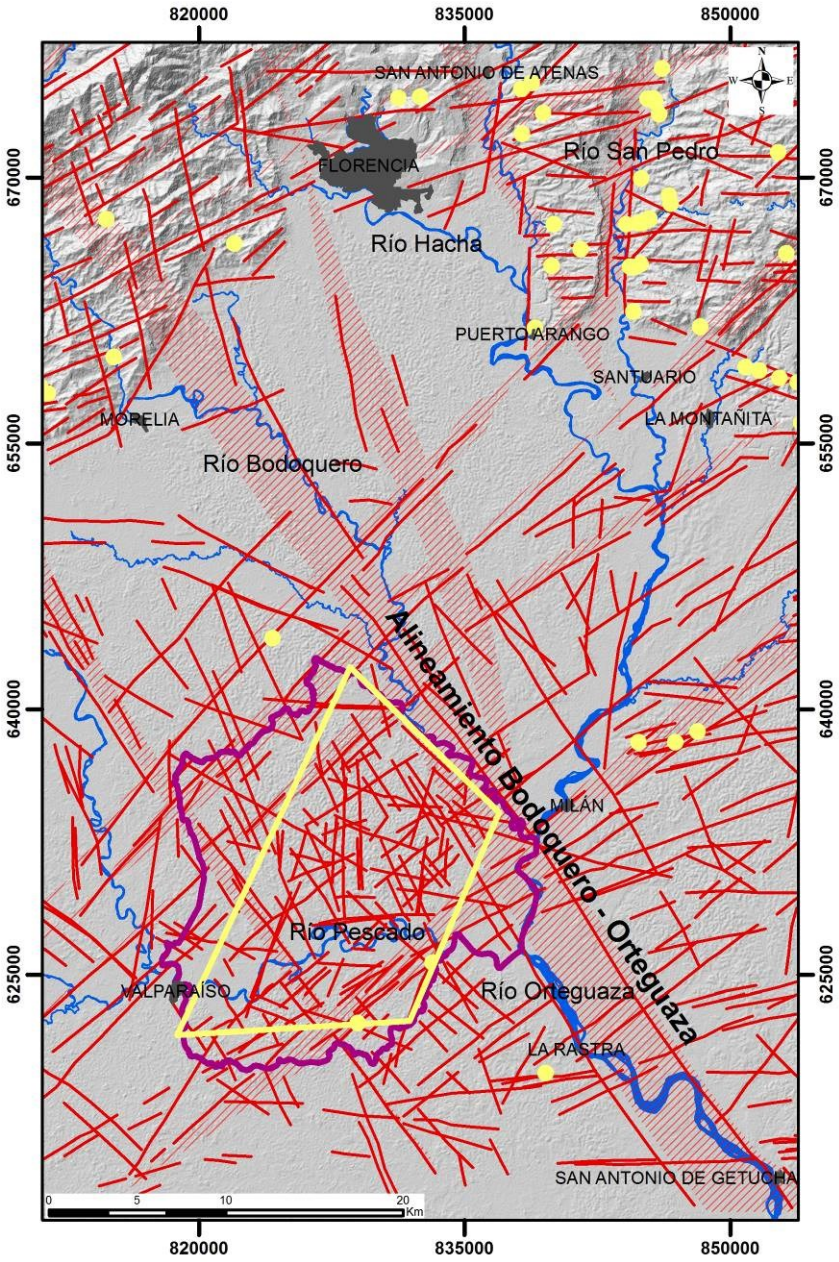


FIGURA 28. ALINEAMIENTOS INTERPRETADOS SOBRE MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN
LA PRINCIPAL ESTRUCTURA INTERPRETADA ES EL ALINEAMIENTO BODOQUERO-ORTEGUAZA, CON DIRECCIÓN N30W. LAS ZONAS ACHURADAS CORRESPONDEN A INTERPRETACIONES DE FRANJAS DE DEFORMACIÓN TECTÓNICA Y LOS PUNTOS AMARILLOS A REZUMADEROS. EL ÁREA DEL APE NOGAL TAMBIÉN SE RESALTA COMO POLÍGONO AMARILLO.
ELABORACIÓN PROPIA

También se observa un sistema de fracturas cortas en dirección aproximada E-W, particularmente ubicado en el frente de montaña hacia el sector de las cuencas montanas de los ríos Orteguaza y San Pedro. Para la zona cordillerana analizada existen diferencias en dos bloques separados por el valle del río Orteguaza, donde el más oriental muestra una tendencia muy fuerte de un patrón “penetrativo” con dirección cercana a la E-W.

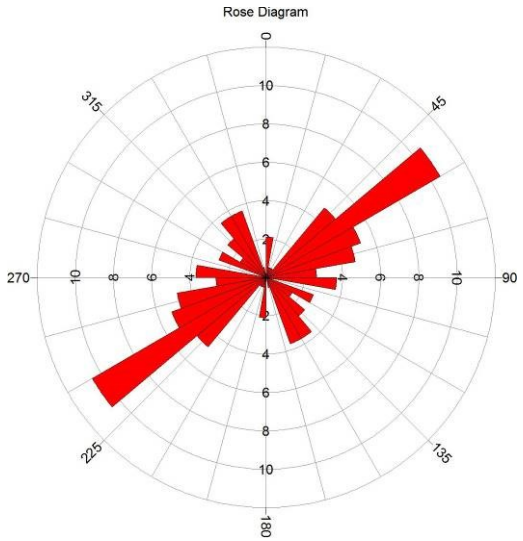


FIGURA 29. DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE DIRECCIONES DE LINEAMIENTOS Y DE FALLAS INFERIDAS DEL ANÁLISIS DEL MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL DEL PIEDEMONTE CAQUETEÑO, INCLUYENDO PARTE DEL FRENTE DE MONTAÑA NÓTESE EL PATRÓN COINCIDENTE DE FRACTURAS EN DIRECCIÓN NE-SW, CON MAYOR FRECUENCIA EN N50-60°E, CON UN SISTEMA CONJUGADO MUY SECUNDARIO CON DIRECCIÓN N30°W
ELABORACIÓN PROPIA

No obstante lo anterior, cuando el análisis de rasgos se hace limitándose al área de influencia directa del APE Nogal, el sistema conjugado NW-SE se hace tan importante como el NE-SW, y adquieren también mayor relevancia los rasgos E-W y N-S que siguen siendo subsidiarios.

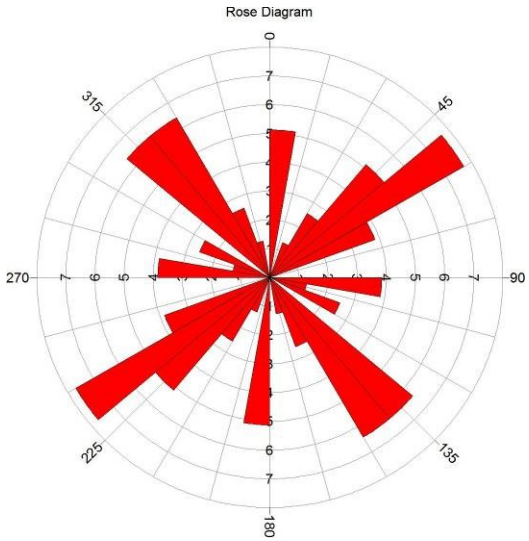


FIGURA 30. DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE DIRECCIONES DE LINEAMIENTOS Y DE FALLAS INFERIDAS DEL ANÁLISIS DEL MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL EN LA ZONA DEL APE NOGAL
NÓTESE EL PATRÓN COINCIDENTE DE FRACTURAS EN DIRECCIÓN NE-SW, CON MAYOR FRECUENCIA EN N50-60°E, CON UN SISTEMA CONJUGADO N30-45°W Y DOS PATRONES ASOCIADOS, UNO NORTE-SUR Y OTRO ESTE-OESTE
ELABORACIÓN PROPIA

De lo anterior, se puede resumir que existen dos tendencias principales de alineamientos morfotectónicos: una con orientación principal N20-45W y otra N45-60E. La tendencia NE

fue identificada por los estudios ambientales de Emerald Energy, pero las otras familias de alineamientos han sido obviadas a pesar de que la NW controla muy fuertemente el río Orteguaza aguas abajo de las bocas del Río Bodoquero a lo largo de al menos 50 km. De hecho, el Bodoquero también está muy controlado luego de su salida de la cordillera, con lo cual el alineamiento que denominamos en este trabajo como Orteguaza-Bodoquero se constituye en el principal de toda la zona del Bloque Nogal, con una extensión total de aproximadamente 100 km. Otros cursos de agua controlados por los lineamientos NW son el río Hacha y la parte media del río Pescado.

Los alineamientos NE son predominantes en la Cordillera, particularmente una tendencia N60E, no obstante, en la parte de lomerío y particularmente dentro del APE Nogal se encuentra un predominio de N40E que controla tramos menores de los ríos Orteguaza y Pescado y los cursos principales de las quebradas Niña María y La Mina.

Otros alineamientos son los E-W ya mencionados como dominantes en la Cordillera, pero que también se detectan en la zona de lomerío y específicamente en el APE Nogal, con el control de la parte baja del río Pescado y de su llanura de divagación.

La dirección N-S se presenta en la zona cordillerana y en el lomerío, contralando tramos del Orteguaza y el río Pescado.

Análisis de escala de afloramiento

La caracterización de macizos rocosos y la medición de rasgos tectónicos en fallas mesoscópicas es fundamental para el entendimiento de características de deformación detectadas en sensores remotos y fotografías aéreas.

Para la caracterización de los aspectos estructurales se tomaron datos de buzamiento y dirección de buzamiento con brújulas tipo Clar, sobre estratificación y fracturas (planos estriados de fallas mesoscópicas y diaclasas) entre otros. A todos los datos estructurales tomados en campo se les hizo una corrección de dirección de buzamiento de 7° al occidente en atención a la declinación magnética promedio para los días que se hizo trabajo de campo en la zona de estudio. Este valor fue tomado de lo reportado en los portales electrónicos de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y Natural Resources Canada. En total se tomaron 77 datos estructurales con brújula geológica tipo Clar, sobre las lodolitas y arenitas del Grupo Orito, los cuales se encuentran en el apéndice del mismo nombre. Del total de planos medidos, 67 corresponden a planos de fractura (ver Anexo 5).

Las tendencias muy dominantes en dirección son Noroeste-Sureste, con una variación cercana a 30°, es decir, de N30°-60°W. De manera más dispersa, también son importantes las fracturas Noreste-Suroeste, centradas hacia N30E. Es importante hacer notar que tanto los datos de brújula como la interpretación de imágenes ha resultado en la importancia de fallas y estructuras regionales Noroeste-Sureste, pero que este tipo de rasgos no ha sido identificado ni medido en los estudios ambientales presentados por la empresa petrolera, hecho que indica omisiones que se convierten en falencias graves para el entendimientos de los flujos de aguas sub-superficiales y subterráneas en la zona de estudio.

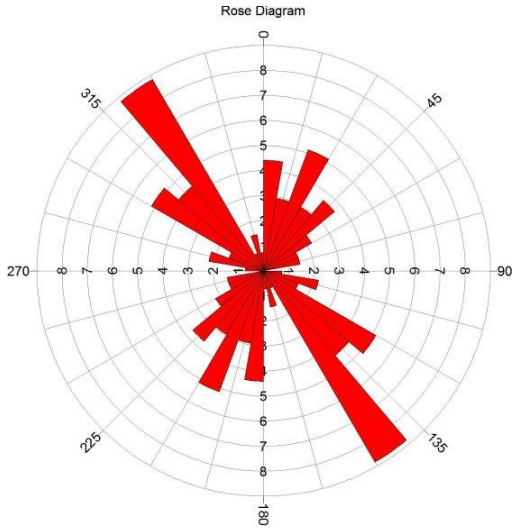


FIGURA 31. DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE DIRECCIONES FRACTURAS MEDIDAS EN CAMPO DE LA ZONA DEL APE NOGAL NÓTESE EL PATRÓN PREDOMINANTE N30-45°W Y UN SISTEMA ASOCIADO DISPERSO NE-SW, CON APARICIÓN DE UN PATRÓN N-S
ELABORACIÓN PROPIA

También es importante anotar que existen rezumaderos, que indican la conexión entre estructuras profundas y la superficie, conduciendo fluidos (en el caso de rezumaderos hidrocarburos), pero también pueden conducir agua, tanto de arriba hacia abajo como viceversa. Encontramos una buena coincidencia entre zonas de deformación detectadas con la interpretación morfotectónica y los rezumaderos, pero la falta de análisis de la empresa petrolera en sus estudios ambientales sobre estos aspectos resalta el poco entendimiento de los flujos en el subsuelo.



FOTOGRAFÍA 72. LODOLITAS AFECTADAS POR FRACTURAMIENTO EN PATRÓN PENETRATIVO. LOS COLORES BLANCOS VERDOSOS INDICAN LA REDUCCIÓN QUE SE DA DEL HIERRO EN LAS FRACTURAS CON LAS VARIACIONES DE NIVEL FREÁTICO



FOTOGRAFÍA 73. ZONAS DE INTENSA DEFORMACIÓN TECTÓNICA EN LODOLITAS DEL GR. ORITO (VEREDA BOLIVIA) CON FALLAS MESOSCÓPICAS (IZQUIERDA) QUE GENERAN ZONAS DE BRECHAMIENTO TECTÓNICO (DERECHA)

En cuanto a la estratificación, la mayor parte de datos medidos muestran tendencia horizontal a sub-horizontal, lo cual no es muy evidente en el paisaje. No obstante, se puede plantear un ascenso tectónico con poco basculamiento de una franja de colinas paralelas a la cordillera.

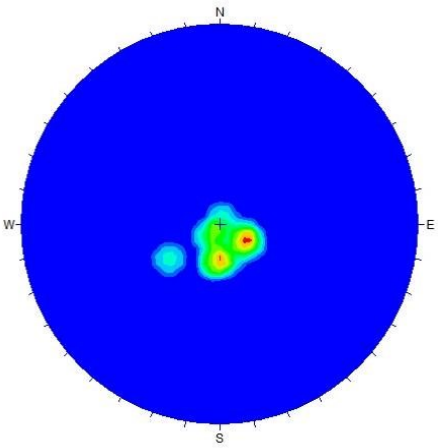


FIGURA 32. DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE POLOS PARA LOS DATOS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIDOS. LOS DATOS CORRESPONDEN A ESTRATOS HORIZONTALES O MUY SUAVEMENTE INCLINADOS
ELABORACIÓN PROPIA

Microanálisis

La placa correspondiente a una arenita lodosa del Grupo Orito fue analizada bajo el microscopio petrográfico con el fin de identificar microfracturas de origen tectónico. Rasgos como aperturas y alineamientos anómalos de partículas se usaron para identificarlas.

Las sección delgada (Figura 33) de esta roca, vista al microscopio permite observar de manera clara el mismo patrón de entramado que formaban las fracturas tanto paralelas como oblicuas a la laminación y la consecuente interconexión de poros (colores azules en la fotografía), resaltando así el carácter acuífero de las unidades superficiales dentro del APE, y la existencia de una porosidad efectiva significativa (Figura 7 y Figura 8). Esta porosidad secundaria tendría valores entre el 8 y el 10%.

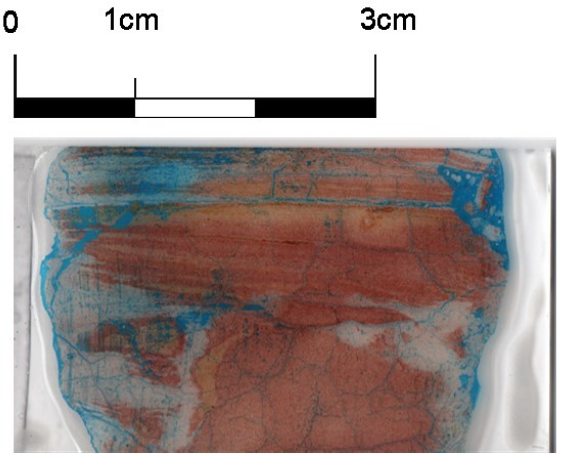


FIGURA 33. SECCIÓN DELGADA DE LODOLITA ARENOSA LAMINADA (JF-06)
LOS COLORES AZULES INDICAN POROSIDAD E INTERCONEXIÓN DE POROS
ELABORACIÓN PROPIA

Cabe resaltar que aunque el material predominante en la zona era finogranular (compuesto por arcilla y limo o matriz soportado con matriz lodosa), había una permeabilidad suficiente para permitir infiltración, almacenamiento y/o flujo de agua subsuperficial. Dicha permeabilidad aumentaba por la acción e influencia de fracturas y fisuras en los horizontes identificados, específicamente en las secciones más profundas de los perfiles descritos. También fue evidente en las observaciones de campo el flujo a lo largo de planos de estratificación y laminación.

Análisis de eventos sísmicos

Con el fin de revisar de manera integral las amenazas naturales, que también pueden implicar problemáticas ambientales por daños eventuales en la infraestructura petrolera, Terrae hizo una revisión de la información suministrada al respecto en el Capítulo 7 del EIA presentado por EMERALD ENERGY. Además, realizó un análisis de la frecuencia de los eventos sísmicos registrados en el catálogo de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) desde el 1 de junio de 1993 hasta el 1 de octubre de 2017 y el catálogo de eventos históricos de la RSNC.

En la información presentada por EMERALD ENERGY se encuentra un análisis precario de los eventos sísmicos registrados, en donde utilizan una distancia de 40 km del APE sin una explicación de cuáles fueron las razones por las que escogieron esta distancia. Por otra parte hay una omisión total de los sismos históricos, a pesar de que la zona de máximo daño relacionada con uno de los sismos más fuertes descritos (1827) para el país, está a menos de 5 km.

En este tema también es pertinente anotar que no se hace mención de cuál fue el periodo escogido para el análisis de eventos sísmicos. Las imágenes mostradas utilizan como

base el mapa de zonificación sísmica de Colombia hecho por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en 2014. Sin embargo no queda claro si los sismos mostrados allí son los registrado hasta 2014 o hasta el 7 de febrero de 2017 (fecha en la cual fue elaborado el EIA). Con esta revisión se encontró que, dentro de esta área, el sismo más profundo fue a 700 km ocurrido el 22 de junio de 1998 en el municipio de Milán a una distancia aproximada de 36 km del APE, contrario a lo que está en la página **7-180** en donde se afirma que los sismos tienen "*profundidades hasta 180 km"*.

Igualmente, se observan omisiones de lo sucedido en la zona cuando se afirma que *"De estos sismos ha ocurrido uno dentro del APE Nogal, y los más cercanos han ocurrido a cerca de 6 kilómetros"*, ya que en el catálogo de la RSNC se encuentran dos eventos, correspondientes a los siguientes sismos:

- Sismo del 16 de diciembre de 1995, con una profundidad de 0 km y magnitud de 1,9.
- Sismo del 3 de septiembre de 2001, con una profundidad de 64,4 km y magnitud de 2,7.

Si bien estos sismos son imperceptibles para los seres humanos y desde esta perspectiva, la amenaza sísmica no sería un problema para el proyecto, no se deben ignorar. No obstante, es importante tener en cuenta que la información de la red no abarca un rango de tiempo representativo para un tipo de amenaza como la sísmica que tiene periodos de retorno grandes y por otra parte se han presentado desde 1993 cinco sismos con magnitudes entre 3 y 3,7 a 40 kilómetros y tres en el campo de sismogeneración cercano.

Además, como se mencionó anteriormente, Terrae también realizo un análisis de los eventos en la RSNC teniendo en cuenta la NSR-10 en el que se indica que las fuentes sismogénicas cercanas a una construcción son aquellas que se encuentran a una distancia menor de 25 km[52], por ello se generó un área de influencia con esta distancia desde los límites del APE Nogal.

Según el catálogo de la RSNC a 25 km del APE Nogal se encuentran registrados 38 eventos sísmicos desde el 22 de septiembre de 1993 hasta el 19 de agosto de 2017 con magnitudes entre 1,0 y 3,6 y profundidades desde 0,0 km hasta 178 km.

[52] MADS. (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Bogotá.

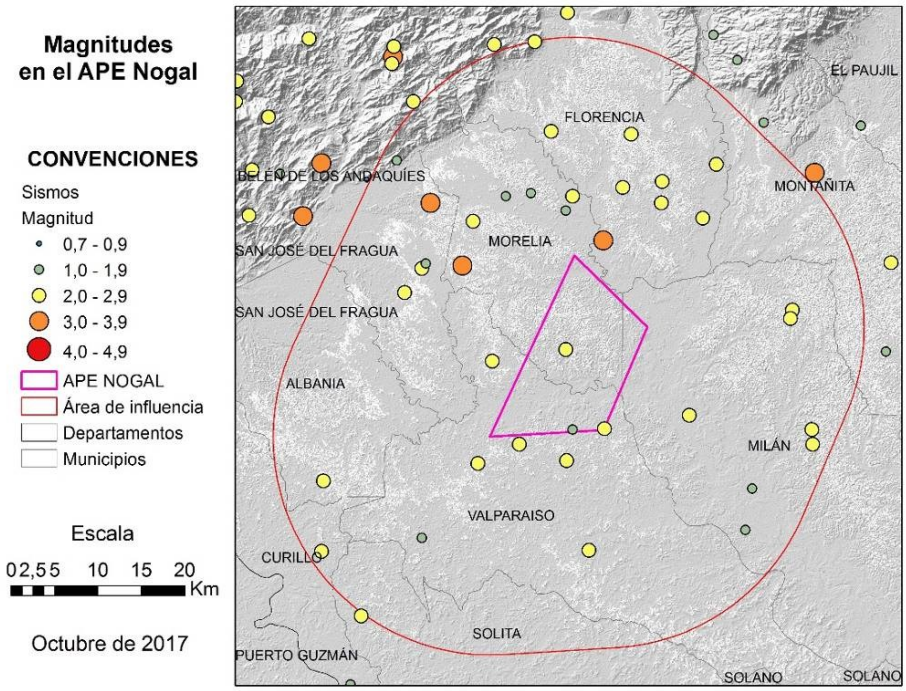


FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN DE LOS EVENTOS SÍSMICOS REGISTRADOS EN EL CATÁLOGO DE LA RSNC DENTRO Y A 25 KM DEL APE NOGAL DIFERENCIADOS POR MAGNITUD.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE LA RSNC.

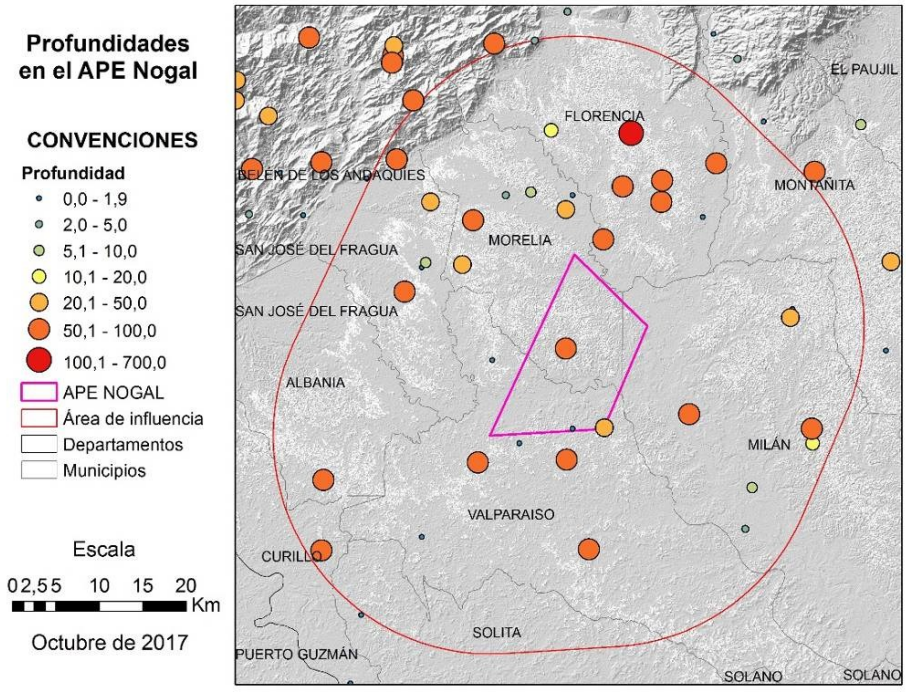


FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN DE LOS EVENTOS SÍSMICOS REGISTRADOS EN EL CATÁLOGO DE LA RSNC DENTRO Y A 25 KM DEL APE NOGAL DIFERENCIADOS POR PROFUNDIDAD

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE LA RSNC.

Con los 38 eventos descargados se generaron graficas de frecuencia las cuales ayudan a visualizar mejor la cantidad de eventos sísmicos registrados por años. Para estas graficas se utilizaron los datos hasta el 31 de diciembre de 2016, esto con el fin de evitar mostrar una tendencia errada de los datos ya que el 2017 aún está en curso, sin embargo el análisis de los datos se hará con la totalidad de los datos descargados al 28 de septiembre de 2017.

En la gráfica de cantidad de eventos por año se observa claramente que el año con mayor cantidad de eventos corresponde al año 2001, en donde se registraron 8 eventos correspondientes al 21,1% del total de datos, seguido al año 2002 con 4 eventos representando el 10,5%.

Llama la atención el pico en 2001, en donde se registró la mayor cantidad de sismos con una magnitud entre 2,2 y 3,6 y profundidades de 11,3 km a 98 km, debido a que en este año no se hizo la instalación de alguna nueva estación sismológica que haya generado un mayor registro de eventos, de hecho la estación más cercana, según la RSNC, se encuentra en Florencia y fue instalada el 1 de junio de 1993. Además, dichos sismos no se encuentran concentrados en ninguna zona ni son posteriores a un evento de gran magnitud, por lo que se cree se debería estudiar mejor las causas de estos de estos sismos y tener más información sobre cuáles son las implicaciones en cuanto a estabilidad de la zona.

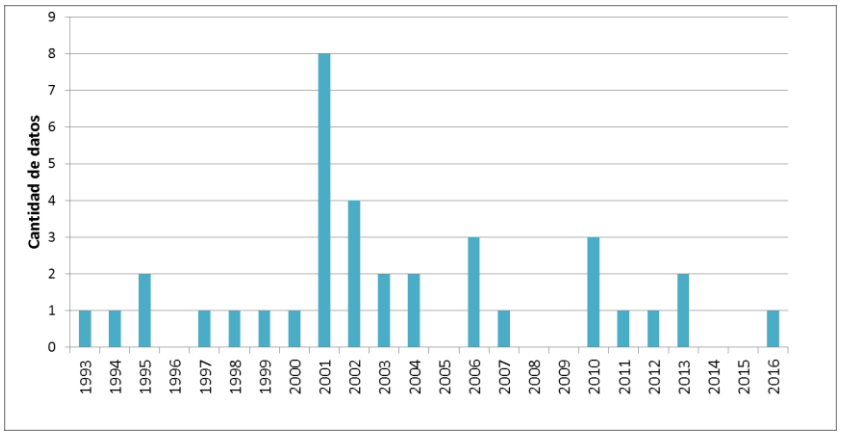


FIGURA 36. FRECUENCIA DE EVENTOS SÍSMICOS POR AÑO REGISTRADOS POR LA RSNC PARA EL ÁREA A ANALIZAR DEL APE NOGAL
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

También se generaron gráficas según la cantidad de sismos por año diferenciados según su magnitud y profundidad.

Con respecto a la magnitud se observó que de los 38 eventos sísmicos 26 presentan una magnitud entre 2,0 y 2,9 representando más de la mitad de los sismos (68,4%), 9 datos (23,7%) están entre 1,0 y 1,9 y los 3 eventos restantes (7,9%) tienen una magnitud entre 3,0 y 3,9.

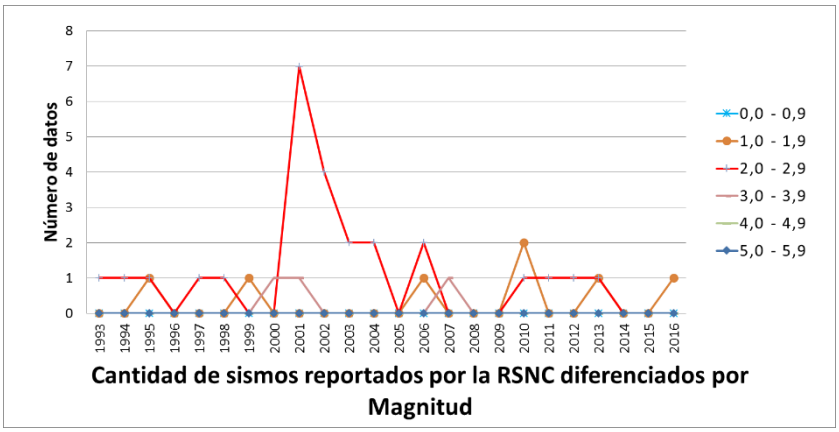


FIGURA 37. GRÁFICA DE LA CANTIDAD DE SISMOS REPORTADOS POR LA RSNC CADA AÑO DIFERENCIADOS POR MAGNITUD PARA EL APE NOGAL
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Según la gráfica de profundidades se observa que los sismos más comunes tienen una profundidad entre 50 y 100 km correspondiente al 42,1% (16 datos) de los eventos, el 21,1% (8 datos) tienen una profundidad menor a 2 km y el 13,2% (5 datos) fueron a profundidades entre 20,1 km y 50 km.

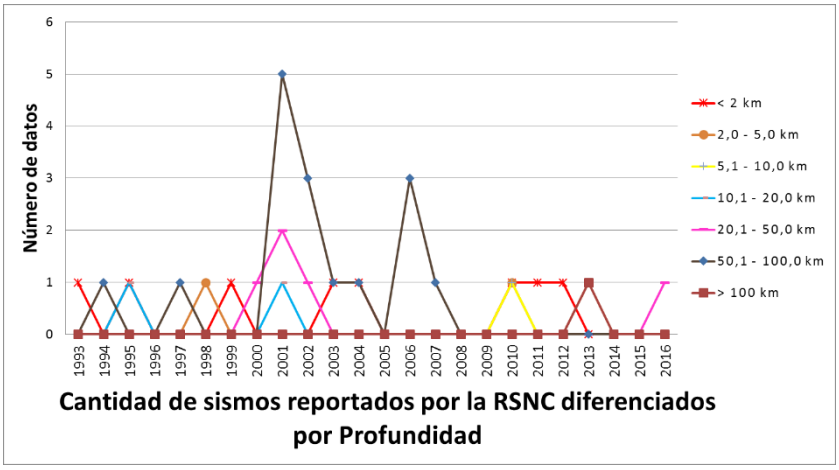


FIGURA 38. GRÁFICA DE LA CANTIDAD DE SISMOS REPORTADOS POR LA RSNC CADA AÑO DIFERENCIADOS POR PROFUNDIDAD PARA EL APE NOGAL.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En cuanto al catálogo de sismos históricos de la RSNC, se encontró un evento al norte a una distancia aproximada de 49 km del límite del APE Nogal. Según los registros, se cree que el epicentro de este evento tuvo lugar en Altamira, Huila, sin embargo a la hora de georreferenciar el catálogo y ver el mapa disponible en la página de la red este se encuentra en ubicado en Florencia, Caqueta.

Este evento ocurrió el 16 de noviembre de 1827 y se estima tuvo una profundidad de 15 km y una magnitud de 7,1 y es considerado como uno de los más destructivos de la historia de Colombia, atribuyéndole colapsos de edificaciones, represamientos de ríos por deslizamientos, inundaciones y avenidas torrenciales.

Según los registro en Timaná, a unos 40 km aproximadamente del evento, la mayoría de las casas quedaron destruidas y en Guadalupe, a 20 km del evento, se generaron grandes deslizamientos de los cerros Guapotón y Grifo sobre el río Suaza, formando un dique el cual se rompió el 10 de enero de 1828 inundando gran parte del municipio. Tambien se reportaron agrietamientos y daños considerables en las construcciones de Pasto y Popayán.

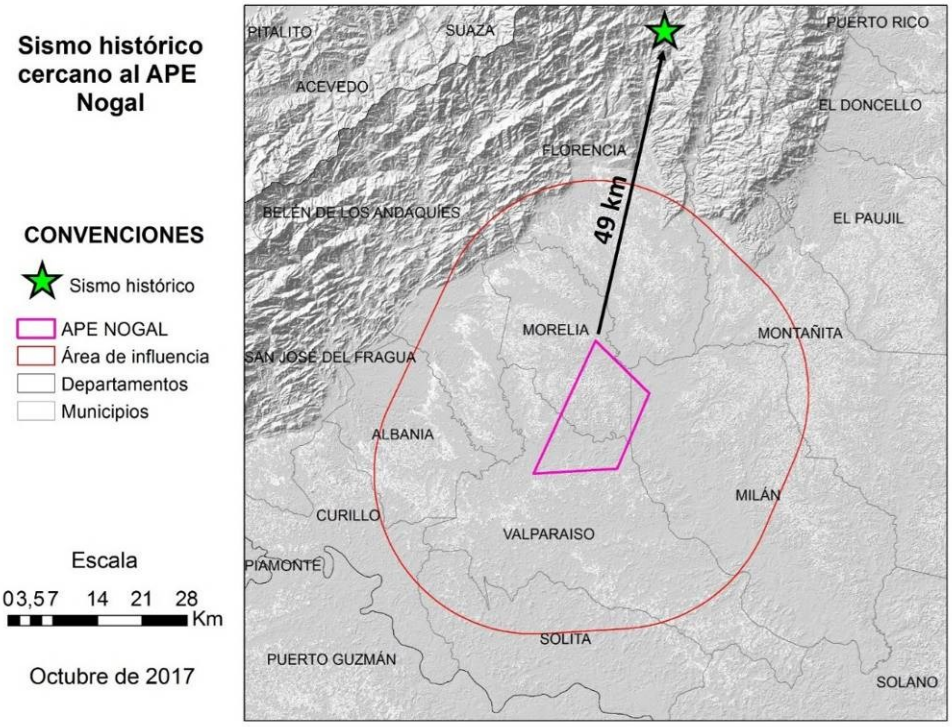


FIGURA 39. UBICACIÓN Y DISTANCIA DEL SISMO HISTÓRICO MÁS CERCANOS AL APE NOGAL.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La omisión de este tipo de análisis en los estudios ambientales de Emerald Energy es grave, puesto que el estudio de la sismicidad es necesario para entender de una mejor manera las amenazas a las que está sometido un proyecto. Si bien no hay una normativa clara para involucrar la amenaza sísmica en proyectos petroleros, la Norma Colombiana de Sismoresistencia, emitida para construcciones, da un contexto claro para otras actividades.

Esta omisión, junto con la ausencia de trabajo de campo en deformación tectónica, la cual está ligada de manera íntima con la eventual sismogeneración, demuestra que la base de conocimiento en temas que se relacionan con el agua no es suficiente. Los sismos generan roturas en líneas de flujo y también pueden llevar a la propagación de fracturas o la rotura de cementación y de tuberías en el subsuelo, con la eventual contaminación de diferentes niveles de acuíferos.

Por otra parte, el no tener una línea base de sismicidad clara impide o dificulta la posibilidad de saber si la inducción/desencadenamiento de sismos se relaciona con la

exploración (si se realizan pruebas de "producción") y explotación petrolera. Esta es una irresponsabilidad compartida entre la entidad reguladora ambiental y la empresa, puesto que la relación entre reinyección de aguas y la sismicidad inducida/desencadenada es ya completamente conocida en el mundo (Nicholson & Wesson[53], 1990; Keranen y otros[54], 2012; Keranen y otros[55], 2014; Weingarten y otros[56], 2015, Brown & Liu[57], 2016; Verdon y otros[58], 2016; Mitchell & Green[59], 2017, entro otros) y también en Colombia, donde el Grupo Terrae en 2014 socializó en diversos medios la sismicidad inducida por las actividades petroleras en Puerto Gaitán[60] (Meta) y posteriormente un trabajo de grado de la Universidad Nacional de Colombia (Reyes[61], D., 2015) validó las problemáticas. En todos los análisis citados, la reinyección de aguas, que es una de las estrategias planteadas por Emerald Energy para deshacerse de las aguas industriales, se relaciona de manera directa con la inducción o el incremento de sismicidad en muchos lugares del mundo, lo cual tiene que ser por supuesto un tema abordado de manera más seria por las empresas petroleras.

Hipótesis y discusión de resultados

Las interpretaciones regionales y los datos tomados en campo sugieren que la deformación tectónica tiene un claro el predominio de la deformación transversal típica de la cizalla. Con los patrones de deformación interpretados puede llevar a plantear, de manera preliminar, un esfuerzo principal mayor subhorizontal cercano a Este-Oeste.

Como se planteará más adelante, la configuración del campo de esfuerzos y el tipo de deformación correspondiente, tiene una relación íntima y directa con el entendimiento de los flujos de agua, tanto los subsuperficiales como los profundos.

La gráfica de direcciones de fracturas medidas muestra cierta tendencia a mostrar dos patrones conjugados, pero es necesario un mayor número de datos. No obstante lo anterior, la observación del modo de fracturamiento muestra un patrón penetrativo, caracterizado por el poco espaciamiento entre elementos de una misma familia de fracturas (Fotografía 74) y además, los datos medidos con brújula muestran que las inclinaciones entre 70 y 90° (subverticales) corresponden al 70% del total (Figura 75).

---

[53] Nicholson, C. & Wesson, R. (1990). Earthquake hazard associated with Deep Well Injection. Denver: U.S. Geological Survey.

[54] Keranen, K., Savage, H., Abers, G. & Cochran, E. (2013). Potentially induced earthquakes in Oklahoma, USA: Links between wastewater injection and the 2011 Mw 5.7 earthquake sequence.

[55] Keranen, K., Weingarten, M., Abers. G. & B. A. Bekins (2014). Sharp increase in central Oklahoma seismicity since 2008 induced by massive wastewater injection. Science 25 Jul 2014:
Vol. 345, Issue 6195, pp. 448-45

[56] Weingarten, M., Ge, S., Godt, J., Bekins, B. & J. Rubinstein (2015). High-rate injection is associated with the increase in U.S. mid-continent seismicity. Science Vol. 348 Issue 6241, pp. 1336-1340.

[57] Brown & M. Liu (2016). Injection-induced seismicity in Carbon and Emery Counties, central Utah – M.R.M. Geofluids.

[58] Verdon, J., Kendall, M., Horleston, A. & Stork, A. (2016). Subsurface fluid injection and induced sesmicity in southeast Saskatchewan. International Journal of Greenhouse Gas Control.

[59] Mitchell, J. & Green, R. (2017). Some induced seismicity considerations in geo-energy resource development. Geomechanics for Energy and the Environment.

[60] http://www.unperiodico.unal.edu.co/en/dper/article/escasez-de-agua-uno-de-los-riesgos-del-estractivismo.html

[61] Reyes, D. (2015). Actividad sísmica anómala en la Cuenca de los Llanos Orientales, (Colombia). Trabajo de grado Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia



FOTOGRAFÍA 74. PATRÓN PENETRATIVO TÍPICO DE FRACTURAS DE CIZALLA EN LODOLITAS LIMOSAS AFLORANTES EN VÍAS TERCIARIAS DE LA VEREDA BOLIVIA
NÓTESE EL POCO ESPACIAMIENTO ENTRE FRACTURA Y FRACTURA

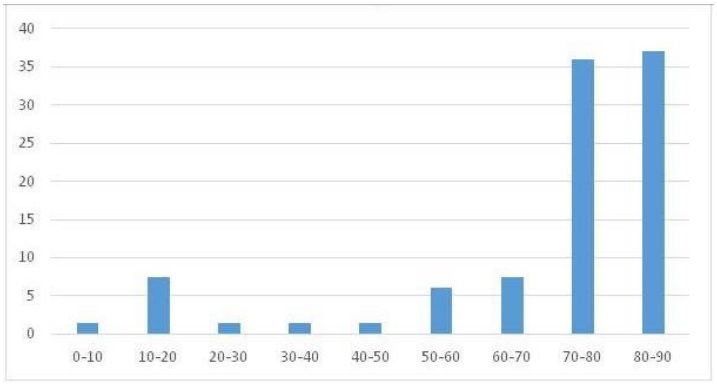


FIGURA 75. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA INCLINACIÓN DE LAS FRACTURAS MEDIDAS EN LA ZONA DE ESTUDIO
NÓTESE EL PREDOMINIO DE PLANOS SUBVERTICALES
ELABORACIÓN PROPIA.

La observación de campo también permitió corroborar con un argumento geoquímico la importancia de las fracturas como caminos en los flujos de aguas subsuperficiales. Las variaciones de niveles freáticos dejan huellas en el color de las fracturas y si se tienen materiales formados en condiciones reductoras (colores oscuros), las fracturas expuestas al paso del aire en momento de niveles freáticos bajos se oxidan. En el caso de la zona de estudio, los materiales son rojizos por haberse formado en condiciones oxidantes, en donde predomina el hierro oxidado (ión férrico Fe^{+3}) y las variaciones de la tabla de agua subterránea pueden reducir el hierro en momentos de niveles freáticos altos, con lo cual las fracturas y zonas de alta porosidad primaria toman colores verdosos claros (típicas del ión ferroso Fe^{+2}), el cual es el patrón típico que puede verse en los afloramientos a lo largo y ancho del lomerío Caqueteño (Fotografía siguiente).



FOTOGRAFÍA 76. LODOLITAS ROJAS AFECTADAS POR FRACTURAMIENTO
LAS LÍNEAS VERDOSAS MUY CLARAS INDICAN LAS FRACTURAS EN LA ROCA,

Por lo tanto se puede establecer que existe un camino tortuoso de las aguas subsuperficiales y subterráneas entre lodolitas y arenitas del Grupo Orito, evidenciado por el entramado de planos de estratificación y de fractura como caminos del agua, observado tanto en afloramientos como en las secciones delgadas. El entramado de espacios para el flujo del agua subterránea tiene entonces un patrón horizontal (estratificación) intersectados por dos familias principales de fracturas verticales a sub-verticales y otras fracturas dispersas típicas de una deformación en zonas de cizalla.

Si esta es la deformación propia de la zona (Figura 76), los fluidos pueden moverse con relativa facilidad desde la superficie hacia la profundidad y también en sentido contrario (indicio de lo cual son los rezumaderos).

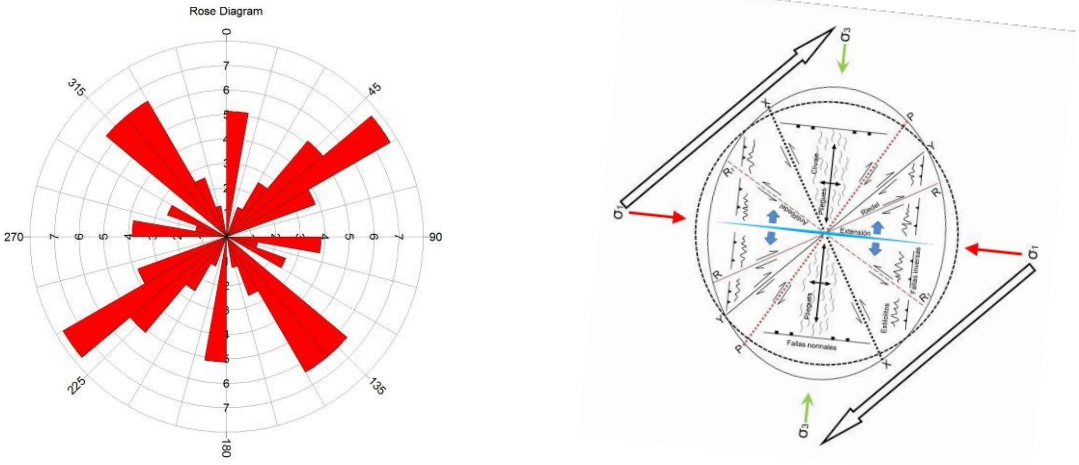


FIGURA 77. HIPÓTESIS DEL CAMPO DE ESFUERZOS PARA LA ZONA CON BASE EN LA INTERPRETACIÓN DE LINEAMIENTOS (IZQUIERDA) Y EL DIAGRAMA DE CIZALLA SIMPLE
ELABORACIÓN PROPIA.

Las características de permeabilidad de los materiales, la alta humedad y la presencia de manantiales (permanentes e intermitentes) ubicados en las partes bajas y medias de las laderas, fueron una prueba contundente de que en la zona existe agua subterránea

somera, almacenada y transmitida por los materiales de suelo y roca que conforman áreas de recarga de acuíferos[62].

2.2 Hidrogeología

A continuación se presenta la base para la construcción de un modelo hidrogeológico, siendo clave en la construcción de este tipo de modelos la geometría o distribución de materiales en profundidad, características que son obtenidas en parte de la geología de la zona y de la exploración del subsuelo. Una vez definida la geometría es necesario determinar las características hidráulicas del medio y, finalmente, esta información en conjunto con la información hidrológica permite construir modelos de dinámica de aguas subterráneas.

Con esta idea se orientó el análisis hidrogeológico, en la primera sección se describe los métodos usados en la exploración del subsuelo y los resultados obtenidos del procesamiento de la información; en la segunda sección se aborda las características hidráulicas principalmente de suelos con un aproximación al comportamiento de los materiales frente a pruebas de bombeo; finalmente, se construye un modelo que tiene en cuenta los horizontes del subsuelo, las características hidráulicas y las condiciones hidrometeorológicas, para entender la dinámica del agua en cuanto a escorrentía, recarga, evolución de frente de humedad y propagación de contaminantes en profundidad. El modelo construido ayuda a identificar los posibles tiempos que le tomaría a un contaminante en propagarse en el entorno del APE-Nogal.

Adicionalmente, este aparte se constituye como un pilar de la construcción del modelo hidrogeológico conceptual y de dinámica de las aguas subterráneas.

2.2.1 Exploración geofísica

Los métodos de exploración geofísica son usados para identificar variaciones de los materiales que constituyen el subsuelo evitando el uso de perforaciones o extracción para inferir sobre la distribución de rocas, lodos y suelos. En el caso de la geofísica orientada al estudio de aguas subterráneas es necesario levantamientos y métodos que den cuenta de las condiciones de saturación del medio y de ser posible de la dinámica de las aguas (Rubbin & Hubbard, 2005).[63].

Para lograr esto se requiere, en el caso de métodos eléctricos y electromagnéticos, o bien tomar información en diferentes periodos de tiempo o el análisis de propiedades como la cargabilidad del medio y variaciones de la conductividad con la frecuencia (Kemna, 2000)[64]. De no lograrse esto la interpretación geofísica debe hacerse con mucha cautela ya que el método siempre tiene una variedad de interpretaciones y superposición de propiedades que lo hace en cierta forma subjetivo.

[62] El anexo de hidrogeología detalla las características de conductividad y almacenamiento.
[63] Rubin, Y., & Hubbard, S. (2005). *Hydrogeophysics.* Springer.
[64] Kemna, A. (2000). *Tomographic inversion of complex resistivity: Theory and application.* Berichte des institutes für geophysik der Ruhr-Universität Bochum.

Bajo estas condiciones se aplicaron en campo metodologías para identificar variaciones de conductividad eléctrica en profundidad y toma de información de potencial inducido (cargabilidad del medio). Los dos métodos usados en campo requieren del mismo tipo de configuración lo cual se describe brevemente en el siguiente apartado.

2.2.1.1 Metodología

El método usado en campo consiste en un sentido práctico en medir la capacidad del subsuelo de transmitir corriente eléctrica (el suelo como resistencia en un circuito). Para medir esta capacidad se inyecta una corriente entre dos puntos del material a evaluar y posteriormente se mide la diferencia de potencial con un voltímetro (como se muestra en la siguiente figura). La idea es entonces medir la caída de energía que genera la muestra de material a un flujo de corriente.

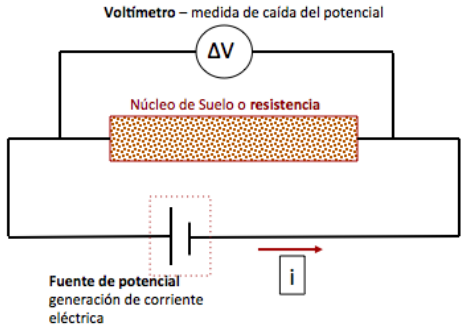


FIGURA 40. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN CIRCUITO EN DONDE SE INCLUYE EL SUELO COMO RESISTENCIA Y PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL MISMO SE MIDE LA CAÍDA DEL POTENCIAL ASOCIADA A LA RESISTENCIA
ELABORACIÓN PROPIA

Esta noción se puede extender para la evaluación en campo de las propiedades eléctricas del medio, en este sentido en el subsuelo se usa dos electrodos de corriente (A-B o generación de corriente o fuente de potencial) y dos electrodos para medir la diferencia de potencial (M-N Medida de diferencia de potencial), con lo cual se estima la resistividad promedio o aparente del material que se encuentra entre los electrodos, tal y como se muestra en la siguiente figura.

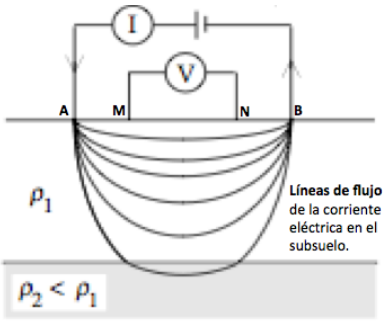


FIGURA 41. ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELECTRODOS EN EL SUBSUELO, EN DONDE LOS PUNTOS A-B CORRESPONDEN A ELECTRODOS DE CORRIENTE Y LOS PUNTOS C-B PUNTOS EN DONDE SE MIDE LA DIFERENCIA DE POTENCIAL
ADAPTADO DE LOWRIE, 200765

[65] Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of geophysics* . Cambridge

En esta figura se evidencia que la corriente, a diferencia de la evaluación en una columna de suelo, se transmite en profundidad (Líneas curvas) y por tanto da una idea de los materiales que allí se encuentran. Para poder separar y distinguir entre materiales el ensayo se repite para diferentes espaciamientos de los electrodos de corriente. Finalmente se obtiene una curva de resistividad aparente o promedio representativa de cada espaciamiento de electrodos de corriente, la cual luego de un trabajo de procesamiento, permite construir un modelo de la distribución de las capas en profundidad (como se muestra en la Figura 46).

Finalmente para el caso de la polarización inducida la idea del método es aplicar un corriente durante un cierto periodo de tiempo luego del cual se apaga, el interés ahora es medir la respuesta del medio una vez se apaga la corriente aplicada. En este caso el suelo actúa como un capacitor en un circuito, es decir, que pese a que no hay carga aplicada esta se almacena y genera un diferencia de potencial, de tal forma que, si bien no se tiene una fuente de potencial actuando en el medio la energía almacenada en el capacitor genera un flujo de corriente con un decaimiento en el potencial eléctrico. La forma en que la carga es almacenada y el posterior decaimiento de la energía se ve influenciada por la presencia de lodos arcillosos, cambios muy fuertes de propiedades eléctricas de los materiales y el contenido de humedad del suelo.

La metodología para la toma de información de la polarización inducida requiere el mismo tendido que el usado para los sondeos eléctricos verticales.

Interpretación de sondeos eléctricos verticales y de polarización inducida

Una de las principales incertidumbres que se tiene en la interpretación de la resistividad de un medio es definir o tratar de definir los materiales identificados en el sondeo. Es esta una de las principales incertidumbres ya que los rangos de variación de esta propiedad son muy variados y no son únicos de un material. Es decir dos materiales muy diferentes pueden llegar a tener la misma conductividad eléctrica tal y como se muestra en la siguiente figura.

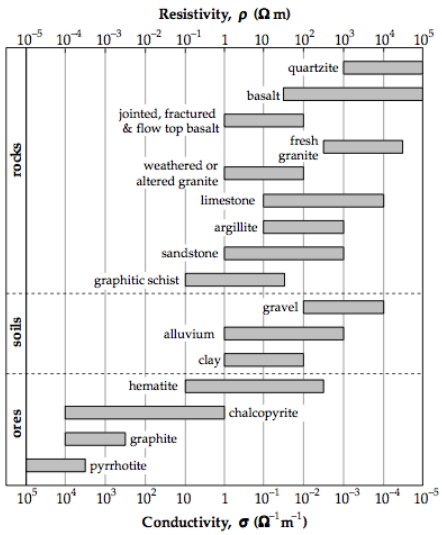


FIGURA 42. RANGO POSIBLE DE RESISTIVIDAD DE MATERIALES

ADAPTADO DE LOWRIE (2007)[66]

De acuerdo con Schön (2011)[67] y Kemna (2000)[68] en general la mayor parte de los materiales que constituyen el subsuelo son de baja conductividad eléctrica (silicatos y los carbonatos), siendo la principal excepción a esta regla los materiales arcillosos o lodos[69]. Por tanto debe haber diversos mecanismos para transmitir corriente eléctrica encontrándose en la literatura los siguientes:

- Electrónica: Trasmisión asociada directamente a los granos o parte solida del suelo.
- Superficialmente: Transmisión producida por una película de iones que se adhiere a los granos del subsuelo, efecto amplificado en el caso de las arcillas.
- Electrolíticamente: Asociada a los fluidos y iones en el espacio entre los granos que hay en las rocas (sales que tiene una carga eléctrica definida y actúan como los electrones al moverse como producto de diferencia de potencial).

Con base en esto se debe tener en cuenta que si bien la resistividad depende en parte de los minerales que constituyen la roca, el estar saturada o no la roca influye en la resistividad. Adicionalmente, la conductividad del agua varía dependiendo de la procedencia y tiempos de recorrido en el subsuelo, así como del tipo de roca en el medio. En la siguiente tabla se muestra una tabla con valores de resistividad de diferentes tipos de agua.

TABLA 2. CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS DE AGUAS COMPILADAS

Tipo de agua	Ohm-m
Agua lluvia (Schön, 2011)[70]	300-2000
Agua subterránea(Schön, 2011)[71]	5-300
Agua Nogal superficial (Terrae)	1/40
Agua Pozo Nogal (Terrae)	1/100
Aguas Caguán-putumayo (Terrae)	1/25000 - 1/120000
Agua cuenca llanos-2500m (Terrae)	1/800 – 1/1000

Por tanto, el hecho de que un medio este saturado no es garantía de alta conductividad y bien el medio se puede encontrar saturado pero la conductividad eléctrica de las aguas resulta ser baja y por tanto se va encontrar capas con una resistividad influenciada por otro tipo de conductividad. En este sentido la conductividad del medio depende también de la presencia de materiales como arcillas o lutitas (rocas arcillosas laminadas, con segunda conductividad), las cuales disminuyen la resistividad del medio.

[66] Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of geophysics* . Cambridge .

[67] Schön, J. (2011). *Physical properties of rocks: A workbook.* Springer .

[68] Kemna, A. (2000). *Tomographic inversion of complex resistivity: Theory and application.* Berichte des institutes für geophysik der Ruhr-Universität Bochum.

[69] Suelos con capacidad de ser moldeados como los usados para las canchas de tejo y elaboración de cerámica

[70] Ibid

[71] Ibid

Factor de formación

En las rocas sin presencia de material arcilloso o rocas limpias (conductividad asociada al electrolito) Archie planteó una relación directa con la saturación y la resistividad del agua. Se puede resumir esta relación de la siguiente forma:

$$F = \frac{R_0}{R_w} = \frac{a}{\phi^m}$$

En donde R_w= resistividad del agua, R_o= Resistividad de la roca como conjunto, a y m son parámetros dependen de la tortuosidad del medio. Adicionalmente, si se considera el grado de saturación con agua se tiene la siguiente relación:

$$S_w = \left(\frac{R_W}{R_t}\frac{1}{\phi^m}\right)^{1/n}$$

En donde *n* es un parámetro relacionado directamente con la saturación y se encuentra normalmente en 2 y el parámetro *m* depende del tipo de material. Se puede entonces interpretar como los parámetros que describen la geometría asociada al sólido y a la configuración por presencia de fluidos que no conducen.

En el caso de tener la presencia de material arcilloso se aumenta el efecto de la conductividad en especial por la conducción en superficie asociada a la doble capa difusa. En este caso se encuentra diferentes modelos para representar su efecto algunos de ellos como el Poupon (Material distribuido en láminas), y Waxman (ver Schön (2011)[72]). En este último se incluye como uno de los parámetros la capacidad de intercambio catiónico.

Consideraciones para la interpretación

De acuerdo con este marco de referencia se puede diferenciar los resultados de los sondeos eléctricos verticales de la siguiente manera:

Resistivos con baja a media porosidad y presencia baja de arcillas (>100 ohm-m), la alta resistividad puede estar asociada a presencia de arenas o incluso gravas. La saturación del medio puede ser alta pero esta se encuentra asociada a aguas de baja conductividad.

Resistividad media: baja presencia de arcillas pero con saturación de agua con conductividades mayores asociadas a flujos de mayor profundidad y mayores tiempo de recorrido (10 < R < 700 ohm-m). Se puede tener la presencia de arenas e incluso gravas

Baja resistividad: alta presencia de arcillas con porosidad baja a media (< 10 ohm-m), Pueden estar saturadas con fluidos de variada conductividad.

Adicionalmente, dadas las características del ensayo (suposición de un medio en capas planas y paralelas), se pueden asociar variaciones leves en el comportamiento de una curva típica a cambios laterales tales como presencia de lentes de material (variaciones de resistividad) o a zonas preferenciales de flujo (mayor saturación asociada a flujos por medio de fracturas y paleo canales). Un ejemplo de este comportamiento se muestra en la siguiente figura.

[72] Schön, J. (2011). *Physical properties of rocks: A workbook*. Springer.

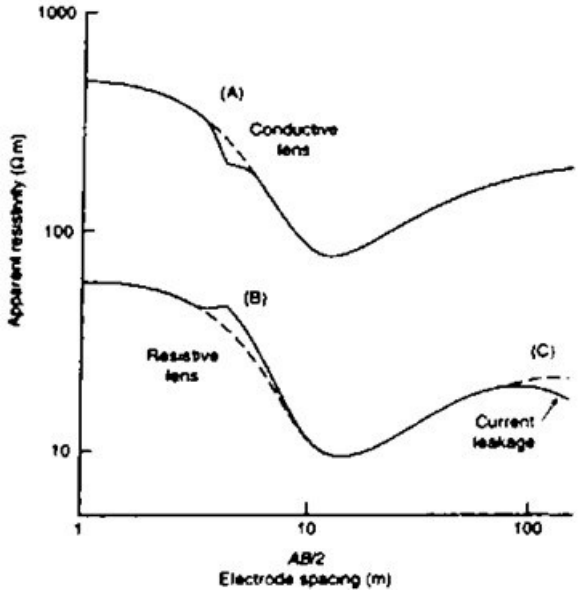


FIGURA 43. SALTOS EN LA CURVA ASOCIADOS A VARIACIONES LATERALES PRODUCIDAS POR LENTES DE MENOR CONDUCTIVIDAD
TOMADO DE NOTAS DE CLASE BERKELEY (2004)[73].

En cuanto a la interpretación de los resultados de la polarización inducida se llevará únicamente en términos de variaciones apreciables de la cargabilidad, caso en que se encontraron grandes variaciones pasando en algunos casos de valores negativos a positivos. Dichos valores negativos son comunes en este tipo de ensayos y se encuentran asociados con la distribución de las capas en (Dahlin & Loke, 2015)[74]. Adicionalmente, el levantamiento de información incurrió en algunos errores por tanto la información debe usarse como indicio de la distribución de los materiales en profundidad.

Equipo y condiciones de campo

El levantamiento de campo se llevó a cabo con un equipo ABEM-1000 con clave con aislamiento electromagnético de la misma marca, con el cual se realizaron medidas de resistividad del medio y polarización inducida. El levantamiento se orientó a los sondeos eléctricos de tal forma que se ubicaran en la zonas bajas, zonas extensas llanas y crestas de los lomos para reducir los efectos asociados a la topografía, sin embargo dadas las condiciones topográficas solo en algunas condiciones excepcionales se pudo extender el sondeo a más de 300 metros. Condiciones que en general se tienen únicamente cerca al río Pescado. En cuanto a la disminución de errores en la medida se realizaron medidas repetidas de los datos y se analizó la tendencia general de la curva para validar los resultados levantados.

[73] Berkeley. (2004). *An introduction to applied geophysics: electrical resistivity methods.*
[74] Dahlin, T., & Loke, M. (2015). Negative apparent chargeability in time-domain induced polarisation data. *Journal of applied geophysics , 123*, 322-332.



FIGURA 44. EQUIPO ABEM 1000 Y TENDIDO EN CAMPO
TOMADO DE HTTP://WWW.GEOREVA.EU/.

Para la toma de información se utilizó la metodología Schlumberger, que consiste en alejar sucesivamente los electrodos de corriente y mantener fijos los electrodos de potencial. Los espaciamiento considerados permiten tener alta resolución en superficie, la cual disminuye con la profundidad (ver Anexo 6) con detalle centimétrico a métrico hasta los 5 metros de profundidad y de metro a decámetro hasta los 60 m de profundidad siendo esta la profundidad promedio de investigación luego de lo cual los modelos generados presentan alta incertidumbre.

Los datos levantados en campo se encuentran en el Anexo 6 de este trabajo, los sondeos en donde se realizó polarización inducida corresponde a los sondeos 1 y sondeo 6 y la interpretación de los datos se realizó en el programa RES1D y IPI2WIN (los resultados validados corresponden a RES1D). Dado los cambios que se hacen en los electrodos de potencial (M-N) se tiene un corrimiento en los datos de resistividad aparente los cuales son necesarios corregir para su procesamiento posterior (Parasnis, 1986)[75]. La corrección consiste en desplazar los datos generados con diferentes espaciamientos de M-N buscando que los datos de resistividad aparente sean continuos.

Ubicación de los sondeos

La ubicación de los sondeos se muestra en la siguiente figura, de ellos una gran parte se centra la unidad A3 (acuíferos asociados a material limo-arcilla) y A1 (depósitos aluviales) para unidades acuíferas y para los suelos se ubican principalmente en la unidad L2vd de acuerdo con la caracterización de EMERALD.

[75] Parasnis, D. (1986). *Principles of applied geophysics* (4 edición ed.). Chapman and Hall.

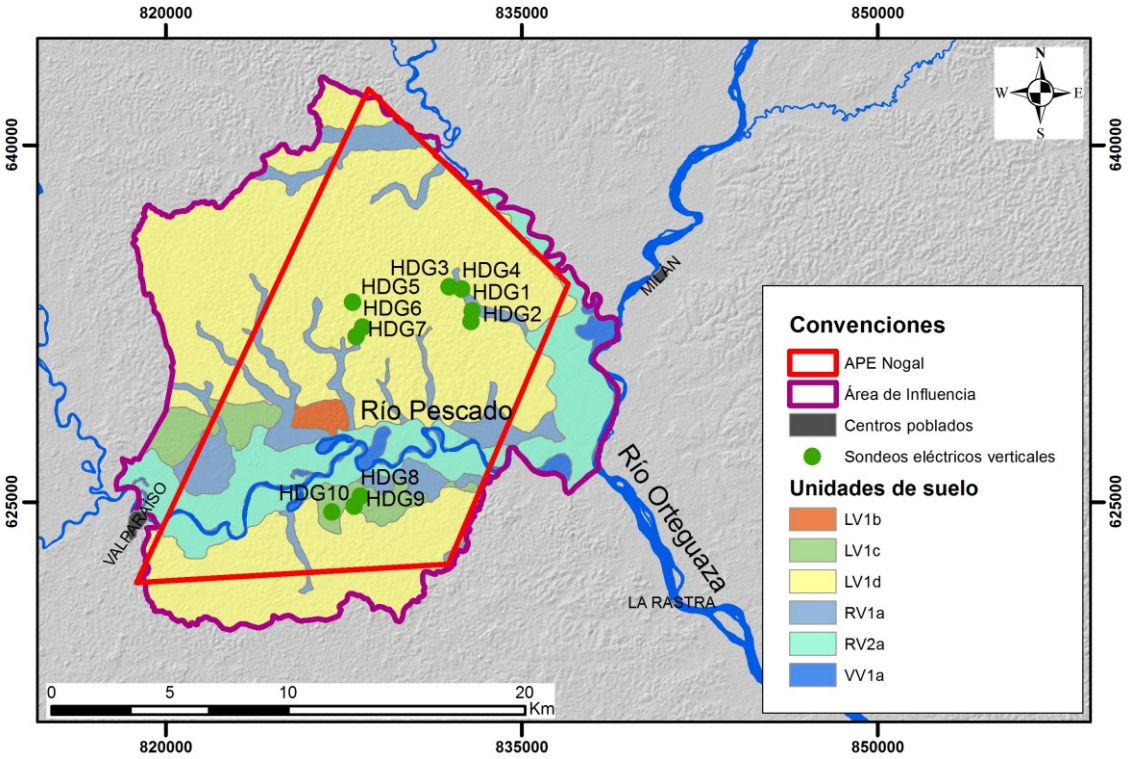


FIGURA 45. UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES
ELABORACIÓN PROPIA

Adicionalmente, en el levantamiento se buscó obtener información de las rocas lodosas del Grupo Orito que constituyen el lomerío para eventualmente aportar en la construcción de un perfil, donde el comportamiento y estructura de estos primeros metros es fundamental en el soporte de la gran densidad de manantiales presentes en la zona.

2.2.1.2 Discusión de resultados

En la interpretación de los sondeos se puede hacer una agrupación por comportamiento se encuentra en general para los sondeos ubicados en Rochela Baja y Bolivia un comportamiento similar en cuanto a la forma de la curva de resistividad aparente (curva obtenida de graficar la resistividad aparente en función del espaciamiento puntos + en la figura) con ligeras variaciones en la parte final de la curva. En la siguiente figura se muestra los resultados obtenidos de la toma de información para el sondeo 1.

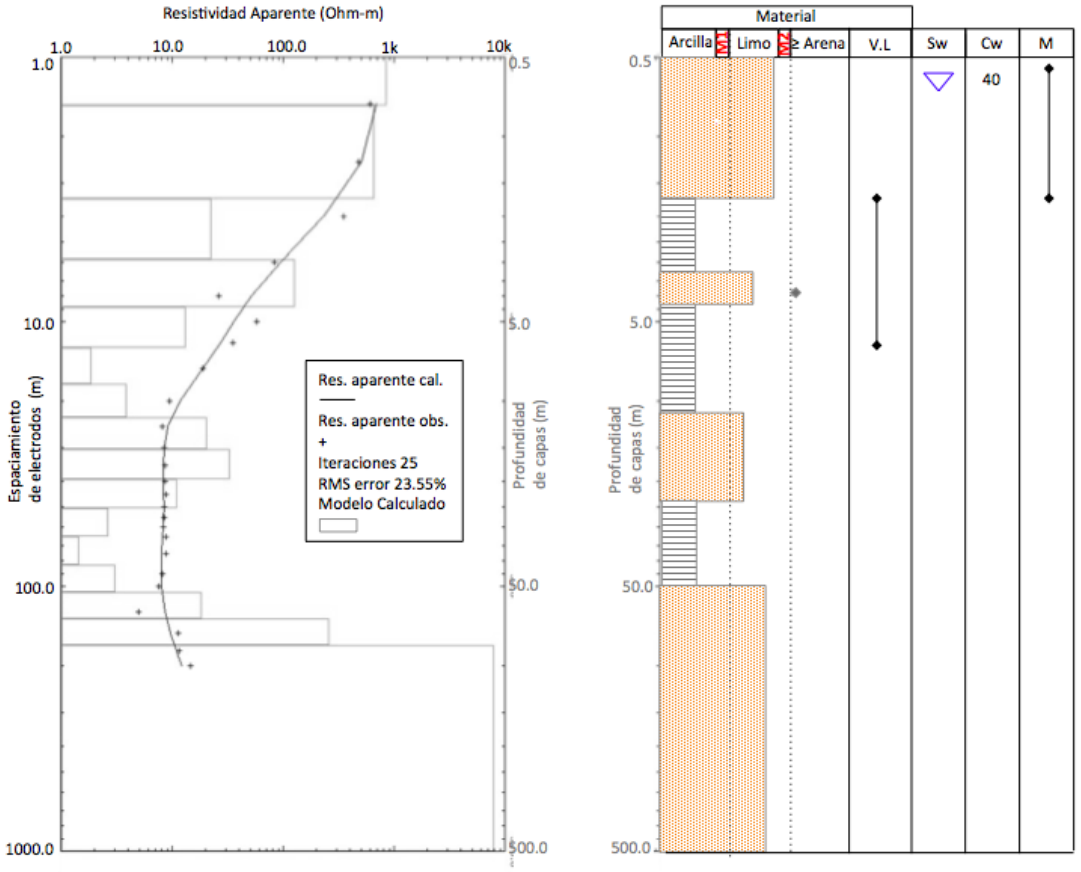


FIGURA 46. INTERPRETACIÓN DE DATOS DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SONDEO HDG-1
EN LOS EJES SE TIENE RESISTIVIDAD APARENTE (COSTADO SUPERIOR), ESPACIAMIENTO DE ELECTRODOS (COSTADO IZQUIERDO) Y PROFUNDIDAD DE LAS CAPAS (COSTADOS DERECHO), A LA IZQUIERDA EL MODELO CALCULADO (RECTÁNGULOS GRISES) OBTENIDO DE AJUSTAR LOS DATOS DE RESISTIVIDAD APARENTE OBSERVADOS EN CAMPO (+) A LOS DATOS DE RESISTIVIDAD APARENTES CALCULADOS (----). A LA DERECHA SE TIENE LA INTERPRETACIÓN EN DONDE SE HACE UNA REFERENCIA A POSIBLE MATERIAL SE ENCUENTRE, DONDE V.L. INDICA POSIBILIDAD DE VARIACIÓN LATERAL INFERIDA DEL COMPORTAMIENTO DEL SONDEO, SW SATURACIÓN DETERMINADA DE LAS CALICATAS DESARROLLADAS EN CERCANÍAS, CW CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA MEDIDA EN CERCANÍAS DE LA ZONA EN MS-M Y M INDICA METEORIZACIÓN OBTENIDA DE LAS CALICATAS, BARRENOS Y LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DESARROLLADO EN LA ZONA
ELABORACIÓN PROPIA

Los sondeos 1-3, llevados a cabo en la Rochela Baja muestran en superficie un material que constituye una mezcla principalmente de limos con posibilidad de presencia de arenas y arcilla. La profundidad de esta primera capa es de aproximada 1,5 hasta 5 metros, que varía con la ubicación del sondeo respecto al lomerío; en este caso el sondeo se encuentra ubicado a lo largo de un pequeño valle en cercanías de una zona húmeda (esto puede generar fugas de corriente o caminos preferenciales). De estos se puede diferenciar en superficie una zona de aproximadamente 1,5 a 2,0 m que se encuentra asociada a un material meteorizado.

A mayores profundidades se encuentran en general intercalaciones de arcilla y limo con posibilidad de material de tamaño arena o mayor, que dada la porosidad y conductividad del agua en profundidad presenta mayor resistividad que las arcillas y menor que las capas superficiales.

En este mismo sondeo se tomaron datos de polarización inducida, los cuales se indican en la siguiente figura junto con los resultados obtenidos de la inversión, para obtener un modelo de cargabilidad. Estos datos deben interpretarse a forma de indicio de variaciones fuertes de conductividades en profundidad y como indicio de ubicación de capas con alta cargabilidad (posiblemente arcillas). Se encuentra un comportamiento muy homogéneo en superficie al menos en los primeros metros y a profundidades mayores a 5 metros se encuentran cambios de la cargabilidad entre positivo y negativo asociables a cambios recurrentes entre materiales de baja y alta conductividad.

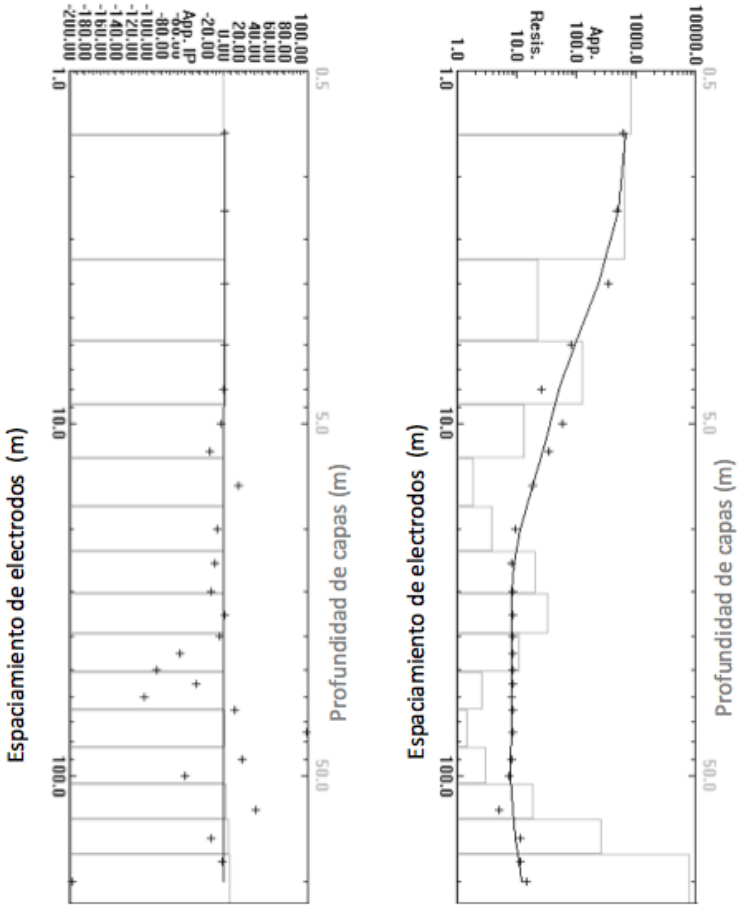


FIGURA 47. SONDEO HDG-1 A LA DERECHA CARGABILIDAD Y LA IZQUIERDA RESISTIVIDAD. LAS CRUCES REPRESENTAN LOS VALORES MEDIDOS EN CAMPO Y LA LÍNEA CONTINUA REPRESENTA EL AJUSTE GENERADO POR EL MODELO TEÓRICO DE CAPAS O RECTÁNGULOS DIBUJADOS EN EL MODELO
ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto al sondeo 4 se debe resaltar que este se desarrolló sobre el eje de la vía y es por esto que inicialmente se indica la presencia de una capa de material muy resistivo asociado al recebo de la carretera. Ya en profundidad se encuentra un comportamiento similar (ver Anexo 6).

Para los sondeo realizados en La Bolivia (5 y 6) se encuentra un material fino con menor presencia de arcilla y alguna presencia de arena en los primeros 2 m de estos se encuentra restringido en superficie (<1m) la capa meteorizada, entre 2-6 m se indica la presencia de un material entre limo-arcilla Similar al caso anterior. Luego de esto y hasta

los 60 metros de profundidad se encuentra una capa de arcilla con intercalaciones de material lodoso que en ocasiones puede llegar a ser arenoso. En la siguiente figura se presentan los resultados obtenidos para el sondeo 5.

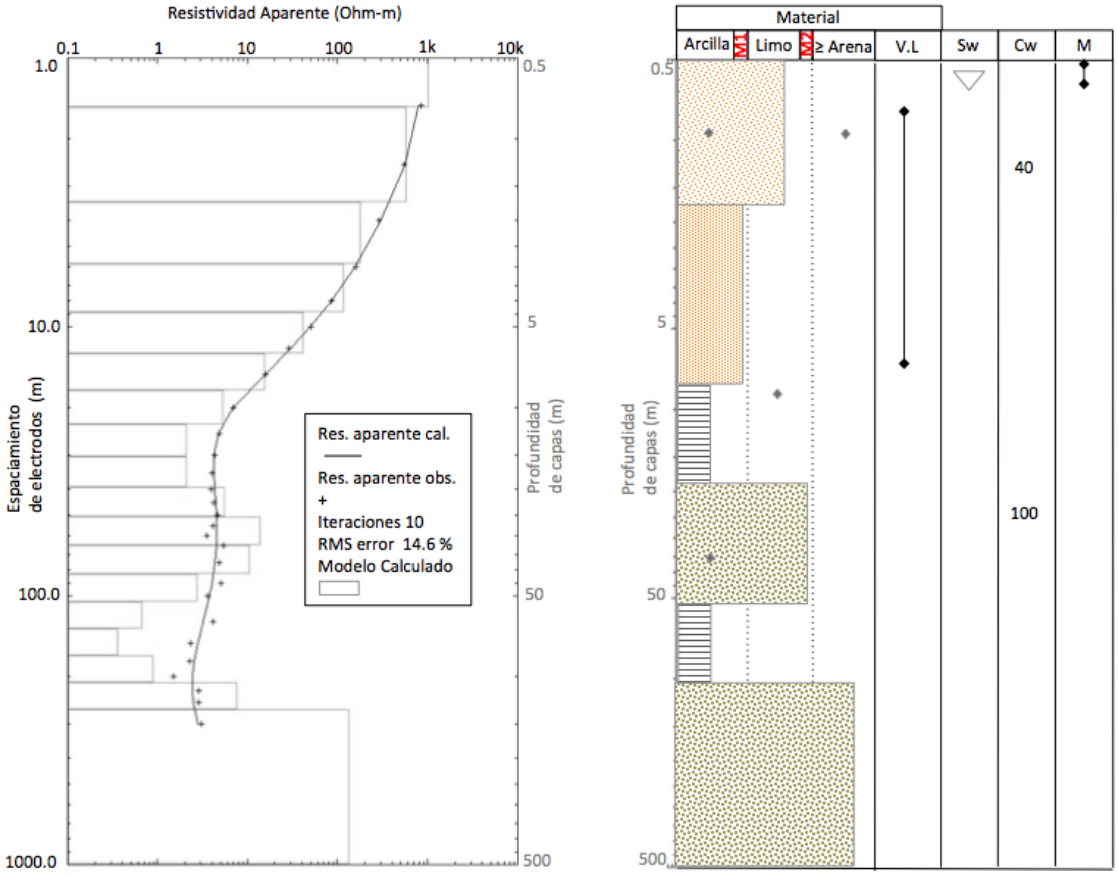


FIGURA 48. AJUSTE E INTERPRETACIÓN DEL SONDEO 5 UBICADO EN LA BOLIVIA
ELABORACIÓN PROPIA

Por último, en La Reforma se encuentra un comportamiento marcado por la presencia de arenas asociadas al río, en donde en el sondeo 8 se marca en superficie un estrato muy resistivo asociado al depósito de arenas el espesor de esta capa se encuentra es de aproximadamente 20 m, luego de esto se encuentra la capa de arcilla con intercalaciones de material asociable a limo-arena como se muestra en la siguiente figura.

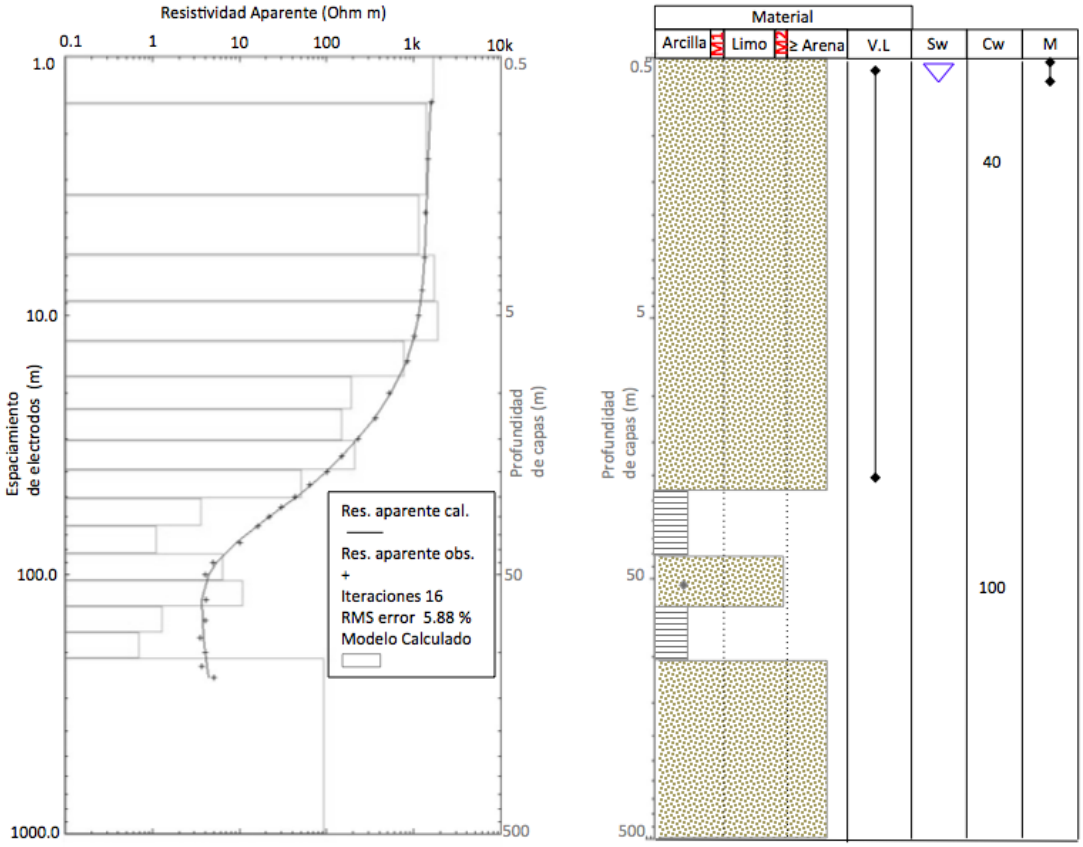


FIGURA 49. AJUSTE E INTERPRETACIÓN DE SONDEO 8 UBICADO EN LA REFORMA
ELABORACIÓN PROPIA

Dadas las condiciones de La Reforma se pudo realizar un sondeo con extensión de 600m a lado y lado en el cual se obtuvieron los resultados que muestran en la siguiente figura. En este sondeo se encuentra un espesor del depósito aluvial de aproximadamente 5 m luego del cual se encuentra una capa de material limo-arenoso hasta aproximadamente 30 metros de profundidad, posteriormente se encuentra un paquete grande de arcilla/arcillolita hasta aproximadamente 200-250m con intercalaciones de material posiblemente limo-arenoso. Se debe notar que la variabilidad lateral es una constante en este tipo de materiales que se infiere por lo menos hasta los 30m.

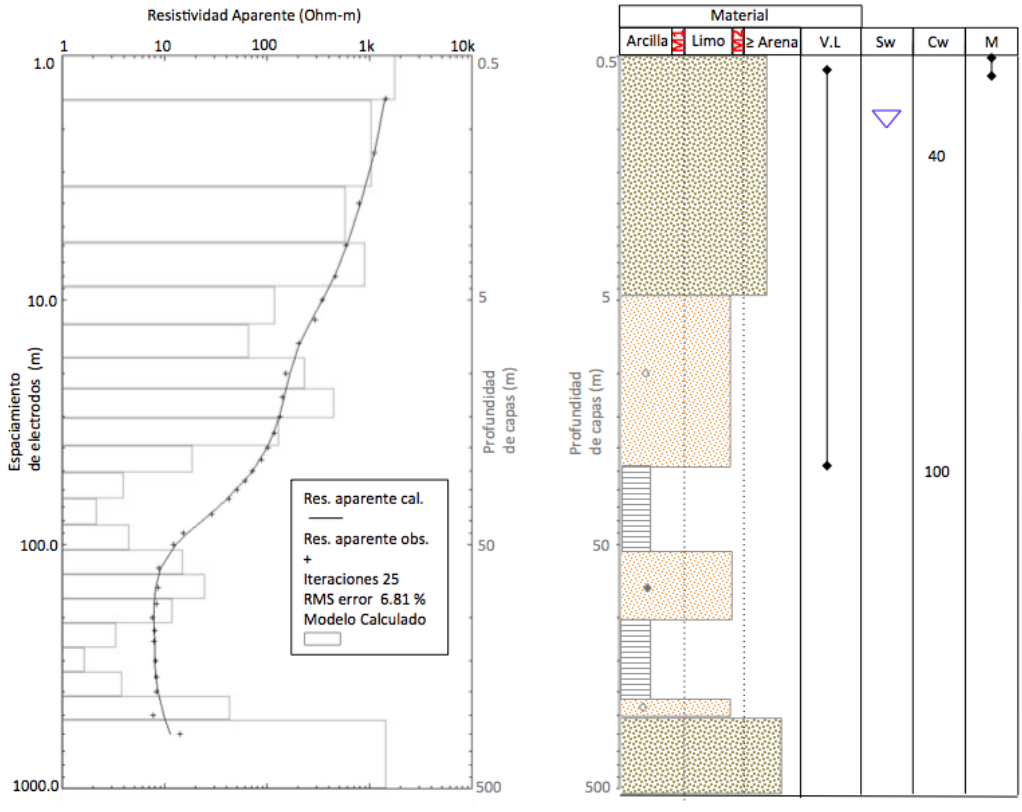


FIGURA 50. AJUSTE E INTERPRETACIÓN DE SONDEO 10 UBICADO EN LA REFORMA
ELABORACIÓN PROPIA

De acuerdo, con lo niveles de aguas evidenciados en las moyas y las cercanías a los humedales el nivel del agua de las unidades superficiales se encuentra a menos de 1m, de igual forma el espesor de suelo en esta zona es menor a 1m.

2.2.1.3 Perfil

Dada la densidad de humedales y manantiales evidenciada en campo y reportada por trabajos como el de Ricaurte et al. (2015)[76] resulta indispensable conocer la estructura y composición de los primeros metros del suelo que den cuenta del Lomerío. Para entender como está constituido el suelo se puede usar métodos directos como lo son las calicatas y los barrenos (orientados exclusivamente al estudio de los suelos) y de otra parte los sondeos eléctricos verticales con los cuales se puede suponer como es la composición de la tierra por lo menos hasta una profundidad de 60m de forma indirecta.

[76] Ricaurte, Nuñez-Avellaneda, M., Pinilla, M., Marín, C., Velásquez-Valencia, A., Alonso, J. C., y otros. (2015). *Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamentamento del Caquetá, Amazonia Colombia.* Sinchi, Bogotá.

El perfil definido se ilustra en la siguiente figura muestra también la ubicación de los sondeos eléctricos verticales, las pruebas hidráulicas desarrolladas y las calicatas. Al graficar los sondeos sobre el perfil se infiere la distribución de las capas en profundidad.

Al ubicar las columnas en el perfil se puede ver la continuidad entre las diferentes capas, y con base en la geología, se infiere su continuidad y una tendencia a conformar geometrías planas y paralelas horizontales a sub-horizontales, en donde en general se tiene una composición de intercalaciones de capas de arcillolitas y lodolitas, con variación de la profundidad del suelo que se relaciona con la altura y ubicación con respecto al lomerío. Adicionalmente, se encuentra una aumento de la conductividad de las capas se correlaciona con el aumento de la conductividad del agua en profundidad.

2.2.2 Estimación de parámetros hidráulicos

En cuanto a las condiciones hidráulicas del medio se desarrollaron diferentes metodologías para estimar sus propiedades, principalmente las características de los materiales someros. Para ello en campo se desarrollaron pruebas de infiltración y toma de muestras inalteradas de suelos en las calicatas con profundidades que alcanzan 2 m de profundidad. Sobre estas muestras se desarrollaron ensayos de conductividad hidráulica de carga variable, curvas de retención de humedad y densidad aparente. Adicionalmente, en términos de evaluación de las características hidráulicas de mayor escala, se hizo un análisis de curvas diagnóstico de la prueba de bombeo llevada a cabo por EMERALD en el APE-Nogal. Al final del texto se presenta un análisis inicial que contribuye a la construcción del modelo hidrogeológico conceptual.

2.2.2.1 Metodología

Pruebas de infiltración

El método usado se basó en los anillos de Munz o un par de anillos que se hincan en el suelo entre 10 y 7 cm. Estos son ubicados concéntricamente y en la base del anillo central se dispone de una bolsa plástica para evitar que el golpe del agua altere las condiciones del medio. Seguidamente, se llena el anillo exterior hasta 10 cm y posteriormente el anillo central a la misma profundidad. Luego de esto se retira el plástico y se mide el descenso de la lámina de agua en intervalos de tiempo definido. La ubicación de los anillos debe realizarse en zonas aproximadamente planas de preferencia evitando zonas demasiado compactadas por el paso de animales (caminos y potreros).



FIGURA 51. ANILLOS MUNZ UBICADOS EN CAMPO

Datos y procesamiento de información

Inicialmente los datos se organizan y se descartan pruebas que por el grado de precisión del método pudieran presentar incertidumbre (descensos nulos). Luego se selecciona como modelo de interpretación de las pruebas el modelo de Philip (Weber, 2015[77]; Landini et al., 2007[78]) por el significado que tiene cada uno de los parámetros del modelo, este modelo se puede representar por medio de la siguiente ecuación.

$$I(t) = St^{0.5} + Kt$$

En donde I es la infiltación acumulada, S es la sortividad del material que se relaciona con la succión capilar, Kes la conductividad hidráulica y t es el tiempo, se debe mantener consistencia de las unidades.

Dichos parámetros se encuentran relacionados con diferentes etapas del proceso de infiltración. La sortividad se relaciona con el estado inicial en donde el suelo se encuentra parcialmente saturado y al entrar en contacto con el agua se da un movimiento del agua al interior del suelo por procesos capilares (Filgueira et al., 2006)[79], valores grandes de este parámetro indican una alta capacidad almacenar un volumen de agua en un corto periodo de tiempo; valores mayores a 1 cm $m^{-0.5}$ se encuentra asociados con materiales con presencia de arcilla (Landini et al., 2007)[80]. Por otro lado, la conductividad hidráulica se relaciona específicamente con flujos generados por diferencias de energía asociadas con la posición de las partículas de agua y el campo gravitacional de la tierra.

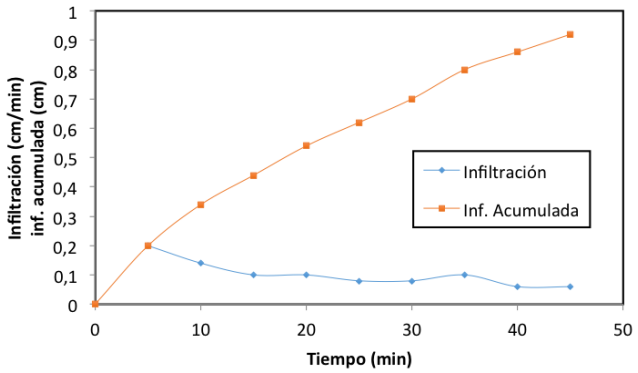


FIGURA 52. GRÁFICO DE INFILTRACIÓN E INFILTRACIÓN ACUMULADA
ELABORACIÓN PROPIA

Dadas las condiciones de campo es común introducir error en las medidas tomadas que al trabajar en infiltración acumulada son suavizadas junto con un alargamiento del rango de las observaciones. En la figura anterior se compara la infiltración y la infiltración acumulada en donde se observa el rango en el que se encuentran los datos.

[77] Weber, J. (2015). Estimación de los parámetros del modelo de infiltración de Philip para áreas permeables del ejido urbano de la ciudad de Córdoba, Argentina. *7* (1).

[78] Landini, Martinez, Días, Soza, Agnes, & Sainato. (2007). Modelos de infiltración y funciones de pedotransferencia aplicados a suelos de distinta textura. *Ci. Suelo , 25*.

[79] Filgueira, Soracco, Sarli, & Fournier. (2006). Estimación de propiedades hidráulicas de suelos por mediciones a campo y el uso de modelos de flujo estacionario y transitorio. *ciencia del suelo , 24*.

[80] *Ibid.*

Carga variable

En campo se hizo una colecta de muestras inalteradas por medio de tubos de PVC de 5 cm de alto por 5,5 de ancho. Posteriormente las muestras son saturadas durante una semana. Luego de este periodo las muestras pueden ser ensayadas.



FIGURA 53. TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO APE-NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA.

El ensayo consiste en pasar un flujo de agua a través de la muestra de suelo, para esto se dispone de un tubo capilar el cual permite medir la columna de agua aplicada, la idea entonces es llenar el tubo hasta una altura definida (h1), luego permitir el flujo de agua en el suelo y registrar el tiempo que le toma en descender hasta otro nivel (h2), como se ejemplifica en la siguiente figura.

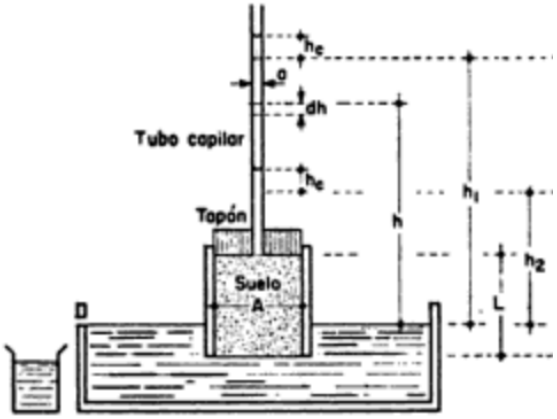


FIGURA 54. ENSAYO DE CARGA VARIABLE. EN ESTE SE ILUSTRA LAS MEDIDAS QUE SE TOMAN, PRINCIPALMENTE H1 Y H2, JUNTO CON LOS RESPECTIVOS TIEMPOS
TOMADO DE BADILLO & RODRÍGUEZ (1997)[81]

En el caso de que las muestras tengan muy bajas conductividades se debe aplicar una columna de agua mayor para evitar evaporación. Una vez registrados los datos se puede estimar la conductividad hidráulica del material mediante la siguiente expresión:

$$K = 2.3 \frac{La}{At} \log \frac{h_1}{h_2}$$

[81] Badillo, J., & Rodríguez, R. (1997). *Mecánica de suelos: tomo1.* Limusa.

En donde: a es el área del tubo capilar, A es el área de las muestra. Para un mayor detalle de la metodología ver Badillo & Rodríguez (1997).[82].

Curvas de retención de humedad

El flujo en un medio no saturado se encuentra influenciado por el grado de saturación, dicho comportamiento refleja en parte la facilidad con que un suelo puede mantener agua en los espacios vacíos a medida que se seca. Es así como en las zonas que tienen contacto con la atmosfera se va presentar un efecto capilar que conforma una zona sobre el nivel freático en la cual la presión promedio del agua es negativa. Este comportamiento mencionado se refleja con las curvas de retención de humedad.

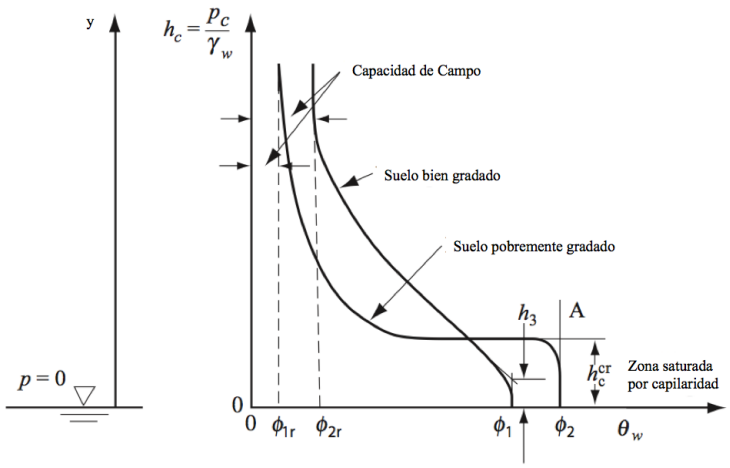


FIGURA 55 CURVA TÍPICA DE PRESIÓN CAPILAR (CRH) O PRESIÓN NEGATIVA PARA DOS TIPOS DE SUELO SOBRE EL NIVEL FREÁTICO, EN CADA UNA DE ELLAS SE PUEDE VER LA PRESIÓN CAPILAR PARA LA CUAL EL SUELO SE ENCUENTRA AÚN SATURADO Y LA CAPACIDAD DE CAMPO O MÍNIMO PORCENTAJE DE AGUA RETENIDO MODIFICADO DE BEAR & CHENG,(2010)[83].

Un ejemplo de esta relación se puede ver en la figura anterior, donde se ilustran zonas y valores específicos de la curva de retención de dos tipos de suelos, bien y pobremente gradado, en la cual se hace un símil con la humedad que se encontraría sobre el nivel freático. Si se analiza en el sentido en que disminuye la saturación se encuentra inicialmente una zona saturada por capilaridad ($h_c{}^{cr}$) sobre la cual se desarrolla una zona con cambio de humedad volumétrica (θ_w) continuo dependiendo de la presión inducida en el medio y las características del suelo, finalmente, el suelo permite una desaturación hasta un mínimo nivel o contenido de agua irreductible (θ_{wr}). Esta curva presenta un comportamiento histerético, por tanto, un camino diferente en saturación y en desaturación.

Numerosos autores tales como Corey-Brawn y van Genuchten, encontraron una relación entre las curvas de retención de humedad de las curvas de variación de la conductividad con la saturación. En efecto las dos curvas son similares solo que una es espejo de la otra como se puede ver en la siguiente figura.

[82] *Ibid.*
[83] Bear, & Cheng. (2010). *Modeling groundwater flow and contaminant transport.* Springer.

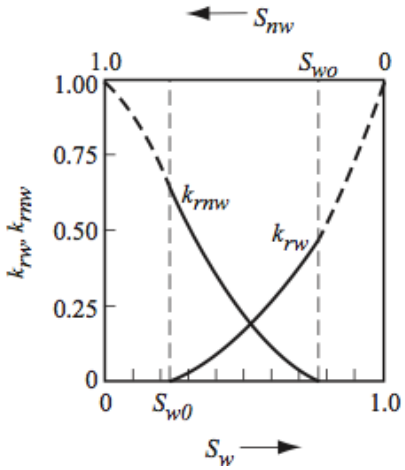


FIGURA 56. CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD Y CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA
TOMADO DE BEAR & CHENG (2010)[84]

En la literatura se desarrollaron expresiones analíticas para representar el comportamiento de estas curvas siendo común la dependencia de las curvas de retención de humedad y de conductividad hidráulica de los mismos parámetros, como se puede ver en las siguientes ecuaciones para las expresiones desarrolladas por Van-Genuchten[85] (ecuación usada en este trabajo).

Saturación efectiva (S_e)

$$S_e = \begin{cases} \dfrac{1}{[1 + |\alpha h|^n]^m} & : \ h < 0 \\ 1 & : \ h \geq 0 \end{cases}$$

$$S_e = (S_w - S_w^r)/(1 - S_w^r)$$

Conductividad relativa (k_r)

$$k_r = \begin{cases} S_e{}^l \left[1 - \left(1 - S_e{}^{1/m}\right)^m\right]^2 & : \ h < 0 \\ 1 & : \ h \geq 0 \end{cases}$$

$$K = K_s \cdot k_r$$

Humedad Volumétrica (θ = V. Agua / V. Vacíos)

$$\theta = \begin{cases} \theta_r + S_e(\phi - \theta_r) & : \ h < 0 \\ \phi & : \ h \geq 0 \end{cases}$$

En donde S_w^r es la saturación residual, ϕ es la porosidad efectiva del medio, θ_r es la humedad volumétrica residual, K_s es la conductividad de saturación y α, m, n, l son parámetros asociados a cada material que se ajustan basados en pruebas de laboratorio, de acuerdo con Mualem se asume $m = 1 - 1/n$ para *n* mayores a 1. Para cada una de las

[84] Bear, & Cheng. (2010). Modeling groundwater flow and contaminant transport. Springer.
[85] Otras expresiones se encuentran en la literatura las cuales en algunos casos consideran procesos histerético en donde se presenta un comportamiento diferente en saturación y desecado.

propiedades se tienen dos posibilidades: condiciones saturadas $h < 0$ y condiciones no saturadas $h \geq 0$.

Con base en esto el proceso se centró entonces en determinar curvas de retención de muestras tomadas en la calicatas a diferentes profundidades y posteriormente hacer un ajuste de parámetros para definir, θ_r, θ_s, α y n , parámetros que junto con la conductividad de saturación determinada con las pruebas de carga variable, y los espesores de suelos reportados en las calicatas , permiten evaluar el comportamiento del suelo frente a lluvias de variada intensidad y procesos de desecamiento.

Se debe notar que la estimación de estos parámetros se ha desarrollado de igual forma mediante funciones de pedo-transferencia, un detalle en cuanto a la forma en que estas funciones estiman estos parámetros se puede ver en el documento *Evaluación de la información remitida por Emerald Energy y C&MA y de la normativa ambiental correspondiente* del presente proyecto.

Ubicación

Las pruebas de infiltración se desarrollaron en la Rochela Baja, La Bolivia, La Reforma y La Florida, en parte buscando cubrir las unidades de suelo presentes en la zona y haciendo comparación con los resultados obtenidos anteriormente (ver producto dos del presente proyecto).

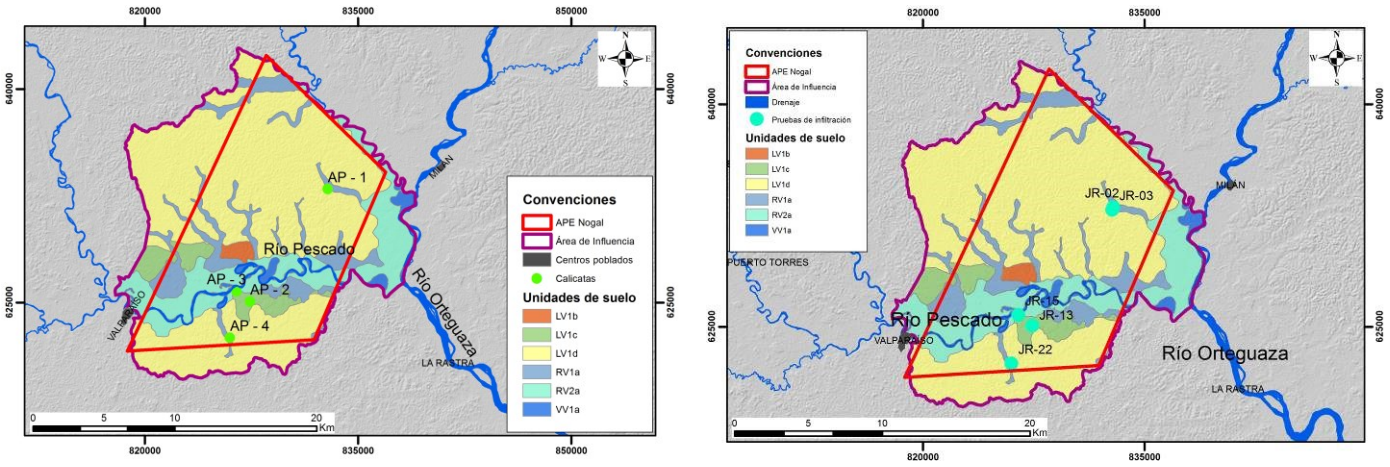


FIGURA 57. UBICACIÓN DE CALICATAS (A LA IZQUIERDA) Y PRUEBAS DE INFILTRACIÓN (DERECHA) TENIENDO EN CUENTA LA UBICACIÓN DE LAS UNIDADES DE SUELO DEFINIDAS PARA EL APE-NOGAL POR EMERALD
ELABORACIÓN PROPIA

De estas estaciones algunas pruebas se realizaron muy cerca como es el caso en particular de la estación JR-22-1, la cual se realizó a 20 cm de profundidad desde la superficie. JR-22 fue descartada de las pruebas de infiltración por la precisión de las mediciones, es decir, variaciones muy pequeñas del nivel de agua. Las demás pruebas fueron desarrolladas normalmente sin retirar de suelo la capa vegetal para de esta forma determinar las propiedades hidráulicas del horizonte más superficial del suelo.

En las calicatas se tomaron muestras por triplicado o cuadruplicado en diferentes horizontes del suelo, para definir de mejor manera las características de los horizontes. Con estas muestras se realizaron ensayos de laboratorio para definir la curva de retención de humedad, la densidad aparente y la conductividad a saturación.

2.2.2.2 *Ajuste de datos*

Pruebas de infiltración

Para el ajuste de los datos al modelo seleccionado se usó un método estocástico tipo bayesiano usando el algoritmo de metrópolis con el que se obtiene un rango posible de valores y la probabilidad de ocurrencia de los mismos. Adicionalmente, se buscaron los valores que hacían mínimo el error notado en este caso MAP (Maximum A posteriori Probability), para esto se implementó el método de temple simulado por Sen & Stoffa[86] que necesita al igual que el método bayesiano un método de muestreo.

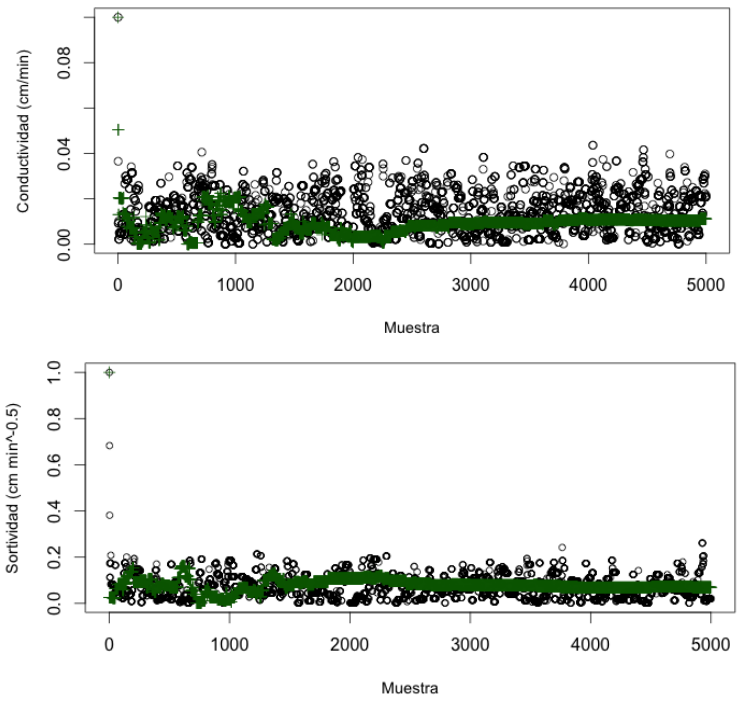


FIGURA 58. MUESTREO DE DATOS DE CONDUCTIVIDAD Y SORTIVIDAD PARA PRUEBA DE INFILTRACIÓN JR-02. EEN COLOR NEGRO LAS MUESTRAS GENERADAS PARA MÉTODO BAYESIANO Y EN COLOR VERDE LA EVOLUCIÓN DEL MÉTODO DE TEMPLE SIMULADO
ELABORACIÓN PROPIA

En este sentido el método genera muestras aleatorias que buscan rápidamente el espacio solución del problema, en donde la diferencia principal de los dos métodos es la solución que se obtiene en el primer caso se obtiene una distribución de probabilidad (Bayes) y en el segundo se obtiene un valor óptimo (Temple simulado). La evaluación de la convergencia del método se hizo gráficamente visualizando las cadenas generadas, como ejemplo de esto se muestran en la siguiente figura las cadenas de muestras generadas para la prueba de infiltración JR-02.

En cuanto a las muestras generadas por el método Bayesiano se debe evaluar un periodo llamado de quemado o muestras que inicialmente se encuentran fuera del espacio de muestreo deseado o espacio solución del problema. Con estos datos se obtienen

[86] Sen & Stoffa. (2013). *Global Optimization Methods in Geophysical Inversion.* Cambridge university press.

histogramas de valores posibles de conductividad y sortividad de los cuales se retiran las primeras muestras asociadas con el periodo de quemado. El resultado de este procedimiento se muestra en la siguiente figura.

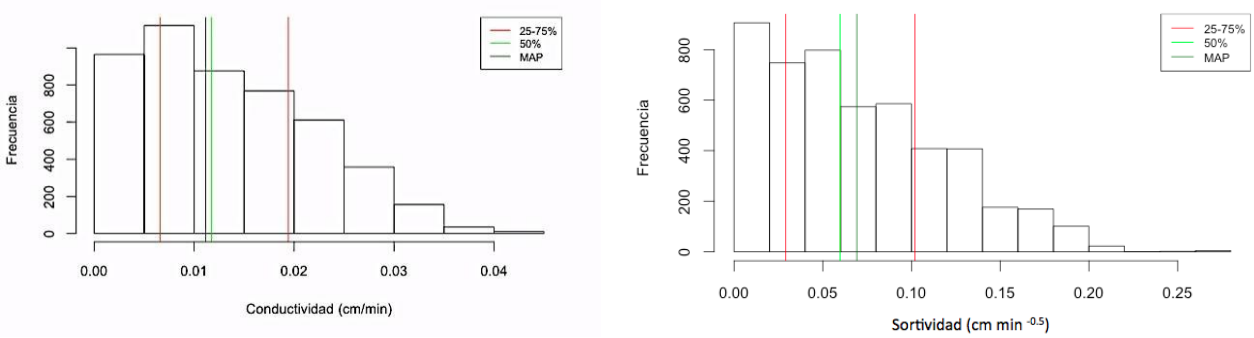


FIGURA 59. HISTOGRAMA DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE MODELO PHILIP OBTENIDOS DE MUESTREO CON ALGORITMO DE METRÓPOLIS, A LA DERECHA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA Y A LA IZQUIERDA SORTIVIDAD
ELABORACIÓN PROPIA.

En el caso del Temple simulado se ven menos oscilaciones o variaciones de las muestras tomadas las cuales luego de un número suficiente de muestras minimizan el error (MAP). Teniendo este conjunto de datos se consideró representativo de las muestras de parámetros generados los cuartiles del 25, 50 y 75% y el MAP, al graficar el modelo teórico junto con los datos de infiltración medidos en campo se obtiene el siguiente resultado:

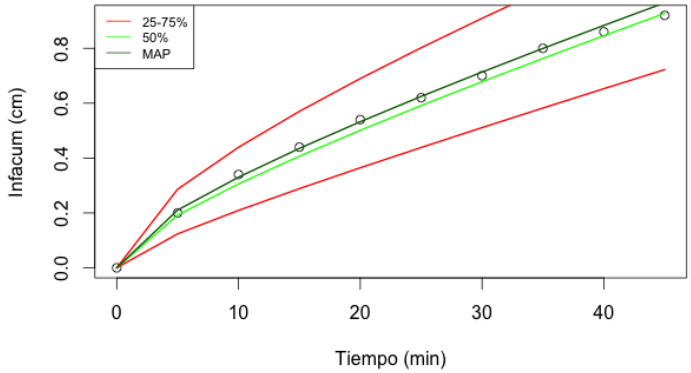


FIGURA 60. REPRESENTACIÓN DE DATOS MEDIDOS EN CAMPO Y MODELO TEÓRICO PHILIP PARA DIFERENTES CUARTILES Y EL MAP
ELABORACIÓN PROPIA

Se pude ver que el cuartil del 25 y el 75 % definen una banda en la cual se pueden llegar a encontrar los datos medidos en campo, el ancho de esta banda permite definir la incertidumbre que se tiene en la estimación de estos parámetros, adicionalmente, el cuartil del 50% y el MAP definen los parámetros de mejor ajuste o de mínimo error. No se debe olvidar que si bien el método identifica los mejores parámetros que minimizan el error también definen un rango de valores probables que se pueden tener, es decir, que en el mejor de los casos el parámetro más representativo es el valor medio pero siempre se tiene una posibilidad de tener un valor diferente de menor probabilidad. Resultados similares se encuentran para las demás pruebas de infiltración y se ilustran en el Anexo 7.

Curvas de retención de humedad (CRH)

Para obtener los parámetros de las curvas de retención de humedad (CRH) inicialmente se implementó el método estocástico utilizado para las pruebas de infiltración, no obstante, no se observó convergencia de las cadenas de datos muestreados. Se optó entonces por usar un método determinísticos o tipo Newton el cual mediante validación visual permite ver la bondad del ajuste. Un mayor detalle de métodos de estimación de parámetros o problemas inversos se puede ver en Menke (2012)[87] y Sen & Stoffa (2013)[88].

2.2.2.3 Discusión de resultados

Escala de centímetro a decena de centímetro

Pruebas de infiltración- Horizonte somero (A)

En la siguiente figura se muestra los resultados de las pruebas de infiltración, en ella se identifica un grupo de pruebas con resultados similares que corresponde a las estaciones JR-22-1, JR-03, JR-15, JR-02 todas estas ubicadas en unidades de suelo similar. Las otras dos estaciones muestran una infiltración acumulada mayor en especial la estación JR-15-1.

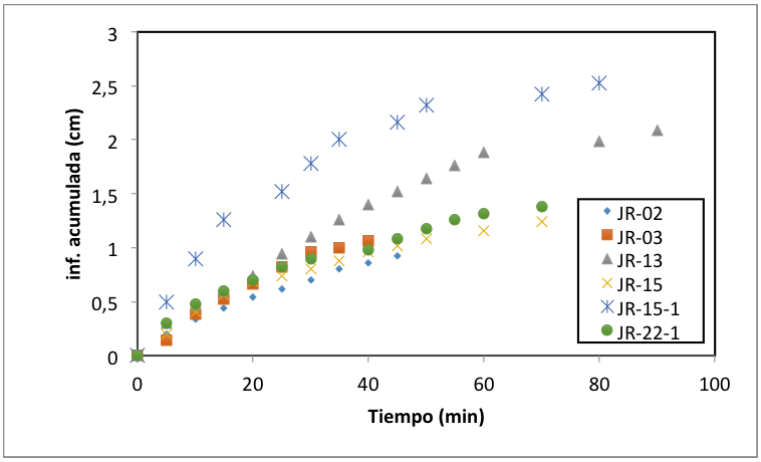


FIGURA 61. CURVAS DE INFILTRACIÓN ACUMULADA DE LAS PRUEBAS LLEVADAS A CABO EN EL APE-NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

Con base en estas pruebas se estimó los parámetros hidráulicos de modelo Philip que se resumen en el siguiente tabla y el ajuste se puede ver en el Anexo 7.

En términos de conductividad hidráulica la capa más superficial del APE-Nogal siempre mostraron valores muy similares, y bien al aplicar la clasificación del IGAC (mencionada por EMERALD) se tienen suelos con conductividades hidráulicas moderadamente malas (para los valores que se encuentran entre el 25 y el 75%). Al hacer la comparación se puede pensar en que una gota de agua en el medio le va tomar en el peor de los casos, al considera el MAP de la estación JR-15-1, 16,1 horas en recorrer 1 metro de suelo. En las mejores condiciones (MAP de JR-03) le puede tomar 2h en recorrer esta misma distancia.

[87] Menke. (2012). *Geophysical data analysis: Discrete inverse theory* (tercera edición ed.). Elsevier.
[88] Sen & Stoffa. (2013). *Global Optimization Methods in Geophysical Inversion.* Cambridge university press.

Adicionalmente, ya que los parámetros obtenidos permiten ver todo un rango de valores posibles se encuentran algunos con probabilidad de ocurrencia baja del orden de 0,002 cm/h (1 metro en aproximadamente 34 días). De igual forma, al otro extremo de la distribución, se encontraron valores máximos con poca probabilidad de ocurrencia de 3 cm/h (1 metro de suelo en aproximadamente 30 min). Es de notar que estas pruebas reflejan el comportamiento de la capa más somera del suelo y en parte refleja el efecto de las raíces y la compactación de los suelos.

Por otro lado, si bien al comparar la infiltración acumulada de las pruebas se puede intuir una mayor conductividad hidráulica en algunos de los sitios evaluados, luego de realizado el ajuste se encuentra que la diferencia está relacionada con la sortividad del medio, vinculada por tanto a la capacidad del suelo de introducir agua en su estructura por procesos capilares. En todos los casos los valores obtenidos se pueden relacionar con comportamiento de materiales limosos que en algunos casos tienen mayores contenidos de arcilla que en parte explican la diferencia entre las infiltraciones acumuladas.

TABLA 3. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE MODELO PHILIP
EN DONDE SE INDICA EL CUARTIL Y EL MAP. EN LA NOMENCLATURA SE INDICA EL APIQUE CERCANO

Estación	Propiedad	Cuartil / Unidad	0	25	50	75	100	K (MAP)
JR-02 (AP-1)	K	cm/h	0.00048	0.39672	0.70266	1.16532	2.61684	0.66894
		m/s	1.33E-09	1.10E-06	1.95E-06	3.24E-06	7.27E-06	1.86E-06
	S	cm min -0.5	0.00087	0.02914	0.05967	0.1018525	0.26105	0.06918
JR-03 (AP-1)	K	cm/h	0.00372	0.44562	0.89838	1.4157	3.18114	1.077
		m/s	1.03E-08	1.24E-06	2.50E-06	3.93E-06	8.84E-06	2.99E-06
	S	cm min -0.5	0.00051	0.04256	0.08122	0.1302	0.28176	0.06422
JR-13 (AP-2)	K	cm/h	0.00396	0.35316	0.64068	1.08738	2.09016	0.83598
		m/s	1.10E-08	9.81E-07	1.78E-06	3.02E-06	5.81E-06	2.32E-06
	S	cm min -0.5	0.00441	0.0890575	0.13754	0.17905	0.28681	0.11602
JR-15 (AP-3)	K	cm/h	0.00042	0.2511	0.57063	0.99606	1.9974	0.47898
		m/s	1.17E-09	6.98E-07	1.59E-06	2.77E-06	5.55E-06	1.33E-06
	S	cm min -0.5	0.00036	0.04253	0.08801	0.12595	0.22272	0.0939
JR-15-1 (AP-3)	K	cm/h	0.00762	0.24336	0.55908	0.98556	2.96646	0.10338
		m/s	2.12E-08	6.76E-07	1.55E-06	2.74E-06	8.24E-06	2.87E-07
	S	cm min -0.5	0.00237	0.18197	0.23729	0.28716	0.40371	0.29275
JR-22-1 (AP-4)	K	cm/h	0.00096	0.27282	0.61002	0.99174	2.08026	0.65634
		m/s	2.67E-09	7.58E-07	1.69E-06	2.75E-06	5.78E-06	1.82E-06
	S	cm min -0.5	0.00032	0.04837	0.09539	0.1301875	0.2407	0.08853

*En color rojo se resalta el valor medio de conductividad hidráulica. Por salida del programa usado, en esta tabla los puntos separan decimales de enteros.

Carga variable y curvas de retención

Las curvas de retención de humedad, que se muestra en la siguiente figura, ilustran la facilidad con que el agua se mantiene en la estructura del suelo en función de cambios de presión. En los ejes de esta figura se muestra en las ordenas el porcentaje de humedad

gravimétrica y en las abscisas la presión de succión (presión negativa). Las muestras fueron ensayadas en un plato con olla a tensión de donde se obtuvieron 5 puntos a 1/3; 1,5; 10; 15 atm (ver Anexo 8 - 1.4) el comportamiento de estos suelos se pueden ver en la siguiente figura.

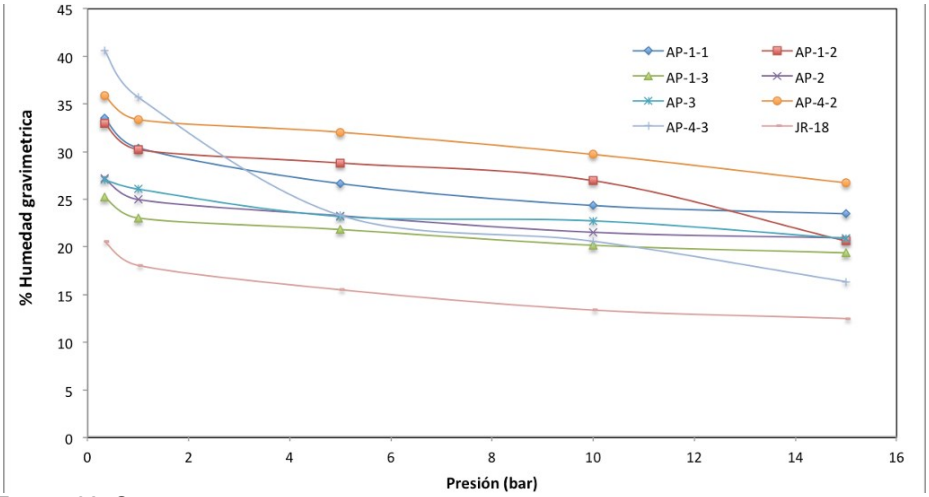


FIGURA 62. CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD PARA LAS MUESTRAS DE SUELO TOMADAS EN EL APE-NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

Se debe notar que con las presiones que se logran no se tiene todo el comportamiento de la curva pero da una idea del comportamiento de los parámetros. De tal forma que a una presión del orden de 0,33 bar se puede inferir la humedad de saturación de cada suelo y una vez comienza a disminuir la humedad se va llegando lentamente a la humedad residual. En este sentido las curvas se pueden caracterizar en función de estos parámetros y de la rapidez con que se pasa de la humedad de saturación a la humedad residual (Bear, & Cheng. 2010)[89].

De estas curvas se marca una diferencia notable de la muestra JR-18 la cual corresponde a un suelo residual arenoso (ver descripción de muestras en la sección de geología). Los demás suelos se agrupan en una banda en donde la variación de las propiedades en parte dependen de la profundidad y de la composición granulométrica, es de notar que suelos con una mayor humedad de saturación y humedad residual corresponden a suelos con mayor contenido de arcillas, intervalos medios corresponden a suelos limosos o mezclas y suelos con baja humedad de saturación y humedad residual corresponden a suelos arenosos.

Adicionalmente, de la tendencia de las curvas o rapidez con que se desatura la muestra, se puede inferir sobre la gradación del suelo, en este caso la muestra AP-4-3 permite el ingreso rápido del aire comparado con las otras muestras. Dicho comportamiento es característico de materiales pobremente gradados o con un mismo tamaño de partícula.

Finalmente, teniendo en cuenta la densidad aparente para pasar de humedad gravimétrica a humedad volumétrica se pueden ajustar los datos de laboratorio de la CRH a los modelos teóricos se obtuvieron los parámetros que se muestran en la siguiente tabla:

[89] Bear, & Cheng. (2010). *Modeling groundwater flow and contaminant transport.* Springer.

TABLA 4. RESULTADOS DE AJUSTE DE PARÁMETROS Y COMPILADO DE PRUEBAS DE LABORATORIO
* VALORES ESTIMADOS A PARTIR DE MUESTRAS UBICADAS EN LA MISMA CALICATA O REFERENCIA TOMADA DE EIA-APE NOGAL ESTO ÚNICAMENTE PARA EL CASO DE LA JR-18. POR SALIDA DEL PROGRAMA USADO, EN ESTA TABLA LOS PUNTOS SEPARAN DECIMALES DE ENTEROS.

Referencia	Profundidad u Horizonte(m)	Densidad Aparente (gr/cm3)	θs	θr	α(cm-1)	n	Ks (cm/h)
AP-1-1	0,15-1,35 (B)	1,36	0,48	0,12	0,0023754	1,163277	0,004712174
AP-1-2	1,35-2,15 (C)	1,2*	0,411	0,05	0,000496394	1,22035577	
AP-1-3	1,35-2, 15 (C)	1,2	0,33	0,111	0,007806665	1,1087972	0,025128
AP-2	0,6-1,6 (B)	1,22	0,351	0,135	0,003854169	1,1386701	0,0378
AP-3	0,60-1,0 (B)	1,01	0,282	0,112	0,001215351	1,1662231	0,29556
AP-4-2	0,20-1,05 (B)	1,25*	0,473	0,101	0,002865062	1,1030869	0,00936
AP-4-3	1,05-1,65 (C)	1,25	0,521	0,111	0,000809638	1,53879678	1,7928
JR-18	0 (A)	1,82*	0,431	0,12	0,005198728	1,2311334	

Los parámetros de la CRH no tienen un patrón definido, de hecho algunas de las muestras tienen alta humedad volumétrica de saturación, asociable en este caso con la mayor presencia de arcillas. Por otro lado, las humedades residuales muestras valores muy constantes del orden del 10 % de humedad volumétrica, que permite inferir que el suelo tiene una alta capacidad de almacenar y retener. El parámetro α como se puede ver se encuentra relacionado con la uniformidad del material siendo en este caso la muestra AP-4-3 ubicada en el horizonte B (ver análisis geológico) la muestra con menores valores.

En cuanto a la conductividad hidráulica se encontraron valores en el rango de 0,004 a 1,7 cm/h (10^{-6} a 10^{-8} m/s), con un valor medio de 0,361 cm/h, lo que se traduce en que una gota de agua tardaría 11,54 días en recorrer un metro. En este parámetro se encuentra un patrón en la forma en que se distribuyen en profundidad identificándose en el horizonte B valores bajos de conductividad (<0,01 cm/h), horizonte ubicado directamente bajo el horizonte con alto contenido de materia orgánica, mientras que en el caso del horizonte C se encuentra valores mayores a 0,02 (cm/h) y el máximo de conductividades medido.

Adicionalmente, se evidencia que la conductividad se encuentra un orden de magnitud por debajo de la conductividad determinada de las pruebas de infiltración que permiten estudiar el horizonte (A), lo que se interpreta como aumento en la conductividad hidráulica por la presencia de las raíces, en efecto en algunas de las calicatas se evidenció porosidad asociada a raíces a variadas profundidades (ver descripción de calicatas).

A partir de estos valores de conductividad se puede inferir que el suelo no tiene facilidad para recargar o incluir agua, de hecho si se aplica la clasificación hidrogeológica se encuentra que los primeros metros del subsuelo del Nogal se encuentran en el límite de la clasificación de acuíferos (Conductividad hidráulica mayor a 10^{-6} m/s para un mayor detalle ver Singhal & Gupta (2010)[90]). Dos hechos se deben resaltar a este respecto:

[90] Singhal, & Gupta. (2010). *Applied hydrogeology of fractured rocks* . Springer.

1. la sortividad del medio le permite absorber agua con relativa facilidad sin necesidad de tener una lámina de agua importante como se pudo evidenciar con la diferencia notable en la infiltración acumulada.
2. Una vez el agua se encuentra en el suelo alimenta o garantiza un aporte de agua en periodos de tiempo que están en el orden de semana a días. Es decir, la precipitación diaria garantiza un suministro de agua en periodos de hora a día y los flujos de agua subterránea mantiene este flujo en el orden de los meses.

Escala de metro a decena de metro

Prueba de bombeo

En el APE-Nogal Emerald Energy realizó una prueba de bombeo ubicada en el predio Puerto México en la vereda Bocana Agua caliente. El aljibe bombeado tiene una profundidad de 8 m con nivel estático de 0,94 m entubado con anillos de cemento que se encuentra ubicado en la unidad A3 hidrogeológica[91] .

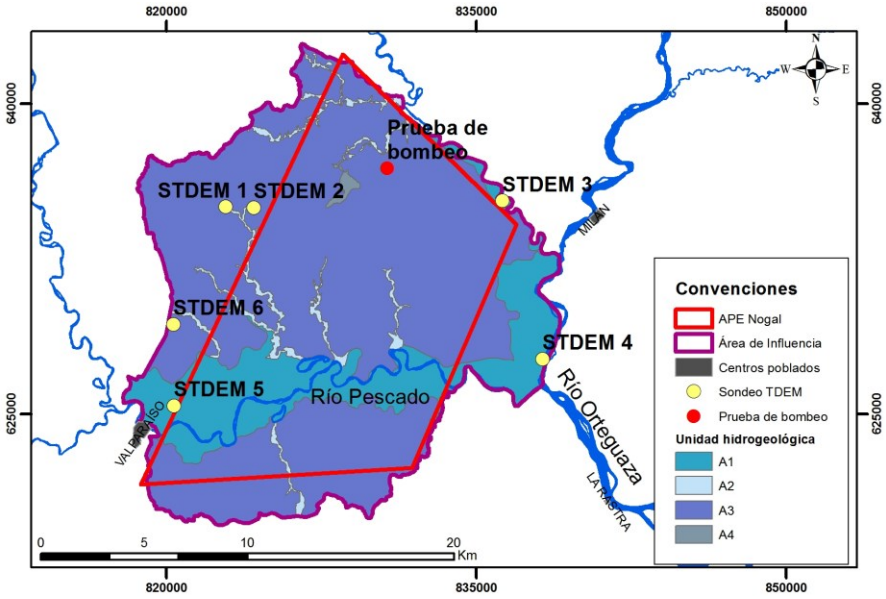


FIGURA 63. UBICACIÓN ALJIBE PUERTO MÉXICO
FIGURA TOMADA DEL EIA DE EMERALD ENERGY – C&MA

A partir de los datos obtenidos por la petrolera, realizamos una reinterpretación en la que inicialmente se interpreta la prueba de bombeo con curvas diagnóstico las cuales permiten inferir y determinar el modelo más adecuado para el ajuste de los datos de campo[92]. Esta metodología se basa en el comportamiento de la derivada del abatimiento con el tiempo junto con los datos de abatimiento (como se muestra en la siguiente figura).

[91] Unidad acuífera de mediana productividad conformado por intercalaciones de materiales de variada conductividad de acuerdo con EMERALD

[92] En la literatura se encuentra una variedad de modelos los cuales se diferencia inicialmente por el tipo de acuífero: confinado, libre, semilibre, entre otros. Adicionalmente, dentro de estos se encuentran modelos que consideran el fracturamiento, goteo de unidades acuíferas, condiciones de frontera constantes, para un mayor detalle ver Renard, Glenz, & Mejias (2009).

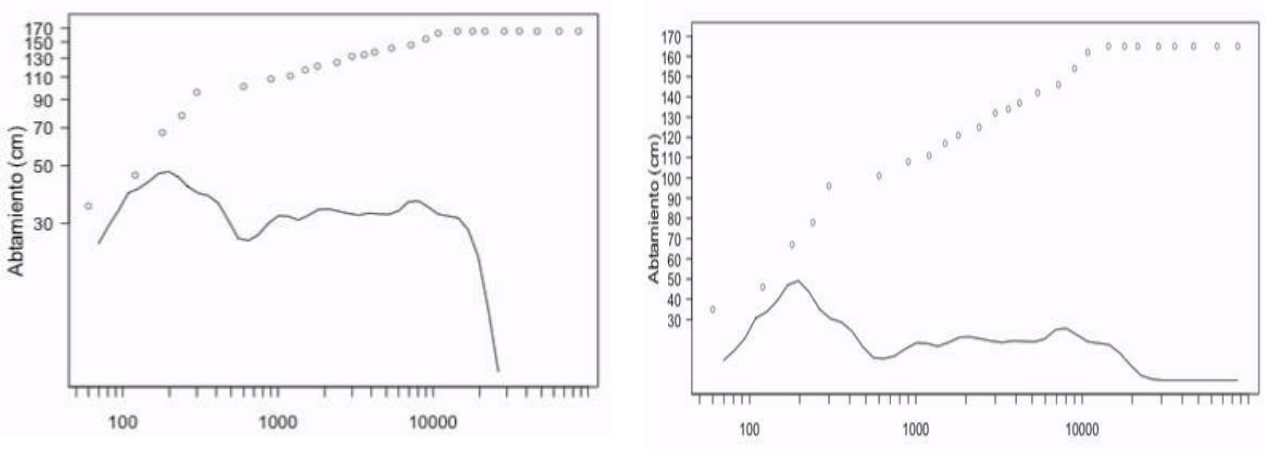


FIGURA 64. CURVAS DIAGNÓSTICO DE PRUEBA BOMBEO EN EL ALJIBE DEL PREDIO PUERTO MÉXICO. LOS PUNTOS REPRESENTAN LOS PUNTOS MEDIDOS EN CAMPO Y EN LÍNEA CONTINUA SE INDICA LA DERIVADA USADA PARA IDENTIFICAR CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS AL ENTORNO TALES COMO FRACTURAMIENTO Y CONDICIONES DE CONTORNO ELABORACIÓN PROPIA

Estas dos curvas presentan un comportamiento característico en función de las condiciones del entorno, entonces, en los primeros instantes de la prueba de bombeo se identifica los efectos asociados al pozo (en el caso de que sea un prueba tipo *single well testing*) luego del cual se comienza a estimular la unidad geológica en evaluación y finalmente se logra determinar los efectos asociados a condiciones de frontera, doble porosidad, goteo, entre otros (Spane & Wurstner, (1993)[93]; Renard, Glenz, & Mejias, (2009)[94]). Con base en estas pruebas y teniendo en cuenta la literatura se identifica en la evaluación de las curvas diagnostico un comportamiento inicial asociado al almacenamiento que se produce en el pozo y al final de la prueba se evidencia aportes generados por fuentes de agua superficiales, en efecto parece haber comenzado a estar condicionada o alimentada por fuentes de agua cercana de extensión importante.

Por otro lado, los parámetros hidráulicos de la unidad fueron por estimados por EMERALD, los cuales se indican en la siguiente tabla.

TABLA 5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE BOMBEO TOMADO DE EIA-APE NOGAL

Parámetro	Símbolo	Magnitud	Unidades
Caudal de bombeo	Q	1,25	l/s
Nivel estático	NE	0,94	m
Nivel dinámico	ND	2,59	m
Abatimiento	s	1,65	M
Capacidad especifica	Ce	0,75	l/s/m
Conductividad hidráulica	K	2,34E-5	m/s
Coeficiente de almacenamiento	S	0,1557	Adimensional

[93] Spane, & Wurstner. (1993). Deriv: A computer program for calculating pressures derivatives for issue in hydraulic test analysis. *Ground water , 31* (5).

[94] Renard, Glenz, & Mejias. (2009). Understanding diagnostic plots for well-test interpretation. *Hydrogeology journal , 17* (3).

Los parámetros obtenidos permiten clasificar la unidad como una acuífera con conductividad hidráulica moderada, adicionalmente, la conductividad del medio es un orden mayor a la de los suelos. De hecho se debe tener en cuenta que las pruebas de infiltración y las muestras de suelo consideradas para carga variable solo evalúan la capacidad de un muestra a una escala de centímetro así como el producto de la meteorización de la roca, mientras que la prueba de bombeo considera volúmenes de material de mayores dimensiones en donde se incluye el efecto de las fracturas y lentes de materiales granulares más gruesos, puesto que existen niveles conglomeráticos (evidenciadas notadas en campo, ver numeral Geología).

Adicionalmente, la capacidad especifica es una medida del abatimiento generado por la extracción de un caudal definido, teniendo en cuenta la clasificación de acuíferos en función de la capacidad especifica suministrada por EMERALD se puede catalogar esta unidad como acuífera con baja productividad en términos de consumo humano. No obstante, esta clasificación no logra considerar el equilibrio en el que se encuentra el área del APE-Nogal evidenciada en parte por la alta densidad de manantiales, moyas y humedales presentes, lo cual reafirma la necesidad de definiciones de unidades hidrogeológicas no basadas únicamente en intereses humanos sino en los flujos y los tiempos ecosistémicos.

2.2.3 Modelo Infiltración - escorrentía

Se presenta el modelo construido para evaluar la recarga-escorrentía de un suelo típico del APE-Nogal. La información base para la elaboración del modelo tiene en cuenta las características determinadas en las calicatas (espesor, nivel freático, raíces), el análisis hidráulico de los suelos y roca y las series hidrometeorológicas de la estación Valparaíso (precipitación y cálculo de la evapotranspiración). Con esta información es posible construir un modelo en *Hydrus 1D* con detalle de las condiciones de frontera, geometría, enmallado, distribución de raíces y condiciones iniciales. Dadas las condiciones de frontera del modelo, el enmallado tiene que garantizar convergencia de la solución. Al final se presentan los resultados obtenidos del modelo en donde se obtienen las variaciones de la recarga, escorrentía, evolución del frente de humedad y la concentración del soluto para una año en resolución temporal diaria.

2.2.3.1 Series meteorológicas

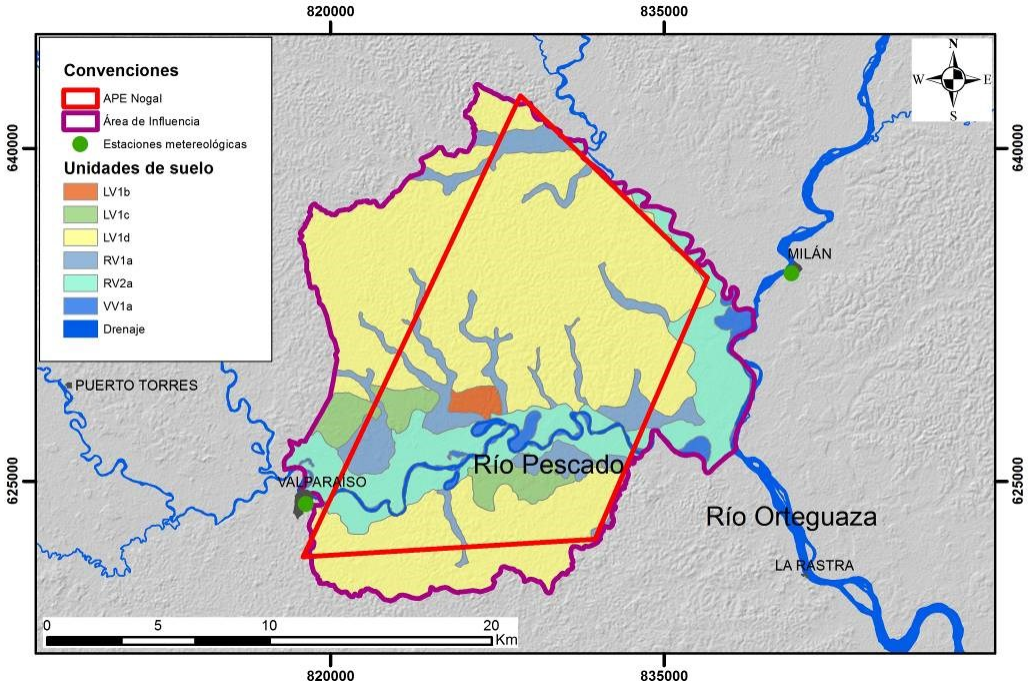


FIGURA 65 UBICACIÓN DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS EN CERCANÍAS DEL APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

En el APE-Nogal se contó con las series meteorológicas de las estaciones La Mono, Valparaíso y Milán, ninguna de las cuales se encuentra en el área de estudio como se puede ver en la siguiente figura.

El tratamiento inicial de los datos consistió en evaluar la calidad de las series graficando estos para poder identificar cambios anómalos en la media y la varianza (ver Anexo 10). Por ejemplo, en el caso de la evaporación registrada en la estación La Mono, serie considerada inicialmente para el análisis, se encontró un comportamiento antes del 2002 y un comportamiento muy diferente luego del 2008, en especial en la dispersión de los datos, como se ilustra en la siguiente figura.

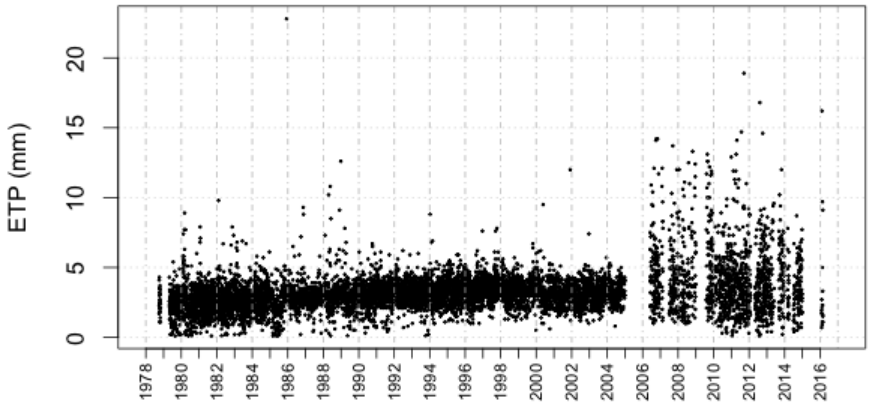


FIGURA 66. EVAPORACIÓN REGISTRADA EN LA ESTACIÓN LA MONO
ELABORACIÓN PROPIA

De este análisis gráfico se identificaron intervalos de las series de interés los cuales sirven para la evaluación de la consistencia y homogeneidad de la serie que se detalla a continuación. En la selección de los intervalos de análisis se tuvo en cuenta el intervalo de vacíos frecuente ubicado entre el 2002 – 2006 (aproximadamente) que divide la serie en lo que parece ser dos tendencias antes y después de este periodo. Los intervalos seleccionados se indican en la siguiente tabla.

TABLA 6. INTERVALOS SELECCIONADOS PARA ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LOS DATOS
LOS INTERVALOS SELECCIONADOS FUERON IDENTIFICADOS DEL ANÁLISIS GRAFICO

Serie	Intervalos
Precipitación	1991/2002-2006/2016
T_max	1990/2000-2008/2016
T_min	1990/2002-2002/2016
Horas Brillo	1990/2002-2004/2016
Humedad relativa	1996/2001-2008/2016

A partir del análisis inicial se evaluaron vacíos en las series, que dependen del periodo de análisis y se decidió tomar un periodo en el que todas las series tuvieran las mejores características de continuidad (1990 a 2002). El porcentaje de vacíos de la serie se puede ver en la siguiente tabla en donde se resalta que la estación con mejores condiciones es La Mono, le sigue Valparaíso y por último se tiene Milán. En cuanto a las variables medidas en la estación Valparaíso se muestra porcentaje de vacíos menor al 10%.

TABLA 7. PORCENTAJE DE VACÍOS PARA LAS ESTACIONES CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS
. DE ESTAS SE RESALTA LA FALTA DE LA VARIABLE VELOCIDAD DEL VIENTO.

Estación	La Mono	Valparaíso	Milán
Evaporación	17,76	-	-
Precipitación	0,045	1,89	0,045
T_max	0,182	4,74	-
T_min	0,29	4,24	-
Horas Brillo	1,34	6,59	-
Humedad relativa	0,86	7,52	-

En lo referente a las series de precipitación, se realizó un análisis de consistencia o homogeneidad de la serie mediante la curva de doble masa, método que permite detectar la presencia de valores atípicos o cambios marcados en la media (Castro & Carvajal, 2010)[95]. Se calcula la precipitación acumulada para cada estación y se compara una a una las precipitaciones acumuladas entre pares de estaciones, con lo cual se obtuvo el siguiente resultado.

[95] Castro & Carvajal, 2010, Análisis de tendencia y homogeneidad de series climatológicas. Ingeniería de recursos naturales y ambiente, vol. 9.

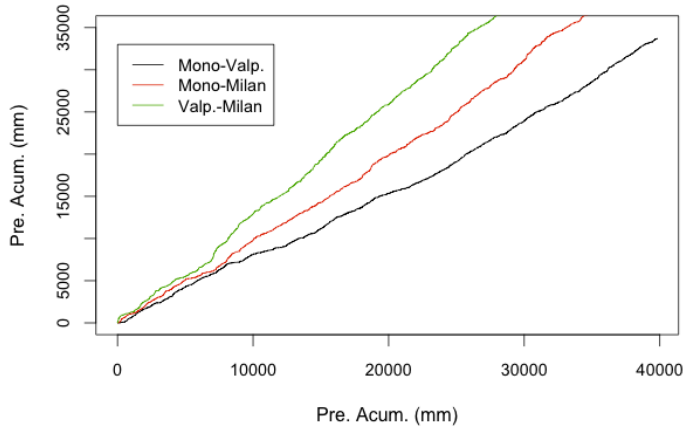
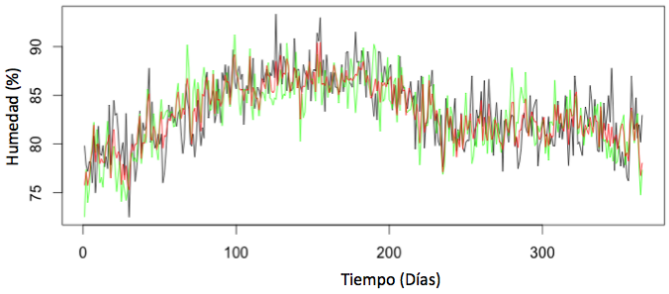


FIGURA 67. CURVA DOBLE DE MASAS PARA ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS UBICADAS EN CERCANÍAS DEL APE-NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

En sentido estricto, dada la ubicación de las estaciones, se esperaría identificar líneas rectas para cada una de las combinaciones posibles de estaciones, pues quiebres o cambios de pendientes de la línea se relacionan con valores atípicos. En este caso la comparación entre las estaciones La Mono y Valparaíso muestra una tendencia lineal muy marcada mientras las demás comparaciones permiten identificar cambios en la pendiente de la recta, en especial Milán. Dicho comportamiento se presenta a partir de 8000 mm en las abscisas, don el cambio en la tendencia lineal indica la presencia de valores atípicos, en especial para la serie de precipitación de Milán y adicionalmente valida la serie de precipitación de Valparaíso.

En cuanto a las variables necesarias para estimar la evapotranspiración se resalta que no se contó con la velocidad del viento y se hizo el cálculo considerando los valores medios mensuales diarios del viento. Adicionalmente, si bien no se aplicaron rigurosamente pruebas de homogeneidad (T-test y F-test) a estas series, se compararon los valores medios mensuales diarios los intervalos seleccionados a partir del análisis gráfico (ver Tabla 6). Una vez seleccionados los periodos se comparó el promedio diario generado para el primer intervalo, el segundo intervalo y un intervalo total definido entre el año inicial del primer intervalo y el 2016. Como ejemplo en la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos para la humedad relativa, la precipitación y la temperatura mínima.



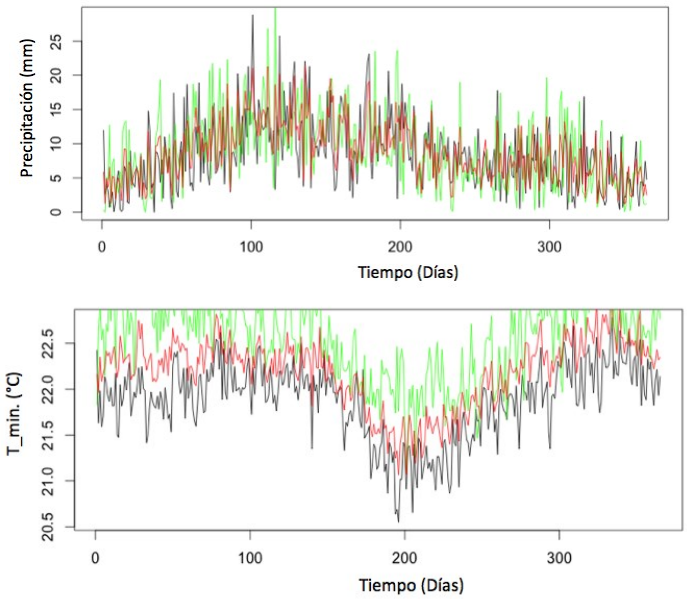


FIGURA 68. PROMEDIOS DIARIOS DE LA HUMEDAD RELATIVA, LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA MÍNIMA PARA LOS INTERVALOS DEFINIDOS EN LA TABLA 5. LA LÍNEA NEGRA CORRESPONDE AL PRIMER INTERVALO, LA VERDE AL SEGUNDO INTERVALO Y LA ROJA AL PROMEDIO TOTAL
ELABORACIÓN PROPIA

En general todas las series presentan un comportamiento similar al ilustrado para las series de humedad relativa y de precipitación, en el que no se aprecia un cambio entre los tres intervalos considerados excepto el suavizado que genera el intervalo total. La única serie que mostró una variación es la serie que corresponde a la temperatura mínima en donde se puede llegar una variación o corrimiento de las series de 1 grado centígrado lo cual resulta aceptable en términos de variación de los datos.

Del anterior análisis se tomaron los promedios diarios del intervalo total para cada variable y con estas se calculó la evapotranspiración mediante el método de Penman-Monteith con la ayuda de los programas CROPWAT de la FAO. En la siguiente figura se puede ver un detalle de los datos considerados en el programa.

mdi

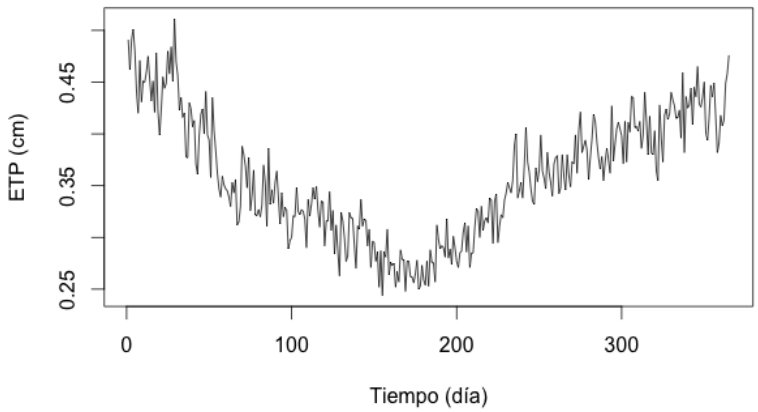


FIGURA 69. SERIE DE ETP CALCULADA CON CROPWAT PARA UN AÑO PROMEDIO.
LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SE HACE A NIVEL DIARIO.
ELABORACIÓN PROPIA

2.2.3.2 Geometría y parámetros

Para la construcción del modelo se tuvieron en cuenta las características del Apique-1 con una profundidad de 2,15 m, el cual a grandes rasgos se constituye de 3 capas, de las cuales se tiene en cuenta las profundidades de cada uno de los horizontes definidos, la profundidad hasta la cual llegan las raíces y la ubicación del nivel freático (marcado por el moteamiento o precipitación del hierro). En la siguiente tabla se presentan las características más importantes de esta calicata.

TABLA 8. CARACTERIZACIÓN DEL APIQUE-1

Espesor (cm)	Profundidad (cm)		Litología	Características	Clasificación
	Desde	Hasta			
15	0	15	Lodo	Influencia de raíces	A
70	15	85	Arcilla con limo	Influencia de raíces	B
20	85	105	Arcilla con limo	Influencia de raíces	
10	105	115	Arcilla con limo	Sin influencia de raíces	
20	115	135	Arcilla con limo	Moteamiento, granos hasta 5mm	
20	135	155	Arcilla	Moteamiento gris violeta	C
60	155	215	Arcilla	Fracturas	C

Con base en estas características se consideraron las siguientes propiedades hidráulicas para cada una de las capas. En particular en la capa somera se consideran las mismas características del Horizonte B las demás propiedades se basan en los resultados del análisis hidráulico.

TABLA 9. PARÁMETROS HIDRÁULICOS CONSIDERADOS EN HYDRUS 1D
LAS UNIDADES SON CONSISTENTES CON LAS UNIDADES DE ENTRADA DEFINIDA EN EL MODELO

Material	θ_r	θ_s	$\propto (cm^{-1})$	n	Ks (cm/d)	l
1	0,11	0,48	0,0023754	1,16327	16,0546	0,5
2	0,11	0,48	0,0023754	1,16327	0,113092	0,5
3	0,12	0,33	0,0078066	1,10879	0,603072	0,5

2.2.3.3 Construcción del modelo

Con base en los parámetros descritos se construyó el modelo en *Hydrus 1D*, en el las unidades de trabajo fueron centímetro y día, manteniendo consistencia de las unidades, en especial de las asociadas a las condiciones hidráulicas. El modelo hidráulico seleccionado es el de van Genuchten y se fijó como condición de frontera en superficie el escenario climático donde exista posibilidad de generar escorrentía[96] siendo esta la condición más crítica en El Nogal dada la topografía de la zona, considerando drenaje libre en la base del suelo. En cuanto a las condiciones de transporte de contaminantes se fijaron los mismos parámetros utilizados por EMERALD, los cuales fueron definidos de forma cualitativa. Adicionalmente, para la extracción de agua por las plantas se consideró un modelo tipo Feddes para pastos.

[96] Las condiciones atmosféricas son simuladas haciendo un cambio continuo entre condiciones flujo o condiciones de lámina de agua, las cuales dependen del flujo potencial. En el caso de tener un flujo mayor que el potencial se permite entonces con esta condición retirarlo del modelo y por tanto se convertiría en escorrentía (Šimůnek, van Genuchten, & Šejna, 2005).

Para garantizar estabilidad del modelo se consideró una malla de 221 nodos uniformemente distribuida, fijando una distribución de raíces que disminuye en profundidad máxima en superficie (1 color rosado) y mínima a partir de 1,05 m (0 color azul oscuro). De igual forma, las condiciones iniciales se definieron en términos de humedad volumétrica teniendo humedad residual en el primer estrato (0,12 color azul oscuro) luego del cual disminuye progresivamente hasta llegar a nivel freático o humedad de saturación (0,33 color azul) ubicado a 1,45 m. En *Hydrus* estas condiciones se verían de la siguiente forma:

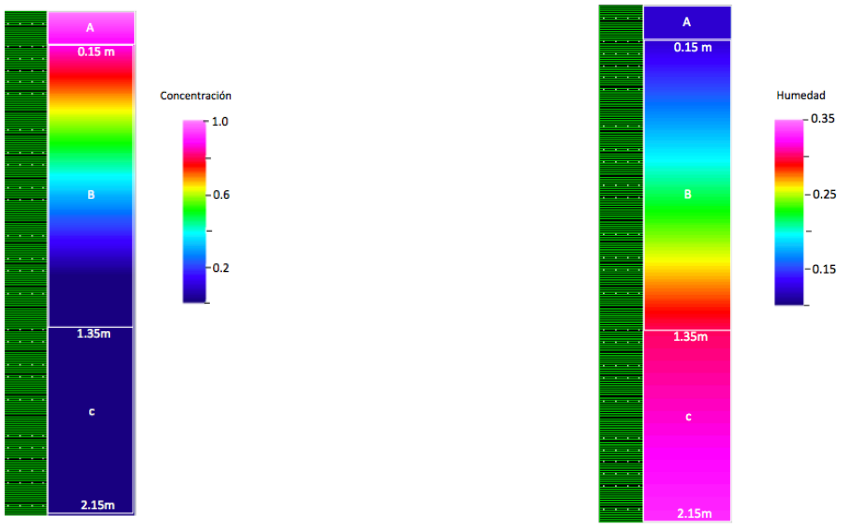


FIGURA 70. CONDICIONES DE DISTRIBUCIÓN DE RAÍCES EN PROFUNDIDAD Y HUMEDAD INICIAL DEL SUBSUELO
LAS LETRAS UBICADAS EN LA COLUMNA ESTÁN EN FUNCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS
ELABORACIÓN PROPIA

Adicionalmente, se ubicaron en el modelo 5 puntos de observación a 8, 41, 97, 137, y 180 cm de profundidad, esto con el objetivo de ver la evolución del frente de humedad y la concentración del soluto.

2.2.3.4 Resultados y discusión

Los resultados más interesantes del modelo son el flujo potencial en superficie o lo que equivaldría a la entrada y salida potencial del modelo con el cálculo elaborado teniendo en cuenta únicamente condiciones externas (Šimůnek, van Genuchten, & Šejna, 2005)[97]. En estas graficas los valores negativos indican infiltración y los valores positivos indican salidas del sistema. Para el caso de flujo potencial en superficie se puede ver el rango en el que se encuentran los valores los cuales se encuentran en el mismo orden de magnitud que la lluvia con periodos probables de desaturación del suelo en especial en la época de verano (meses de enero-febrero y mediados septiembre-diciembre).

[97] Šimůnek, van Genuchten, & Šejna, 2005, The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media, Department of environmental sciences university of california riverside riverside, california

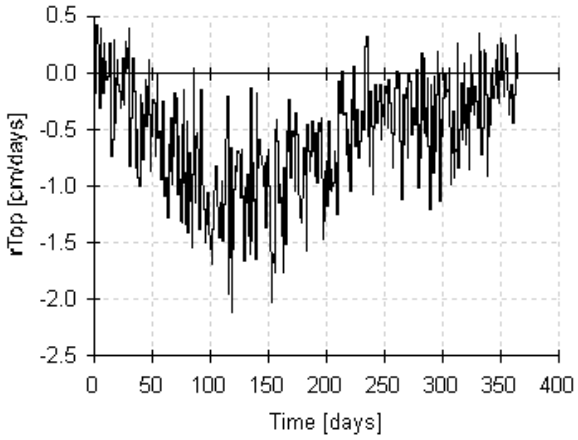


FIGURA 71. FLUJO POTENCIAL EN SUPERFICIE, EL CUAL DEPENDE ÚNICAMENTE DE LAS CONDICIONES EXTERNAS AL MODELO EN ESTE CASO LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS
ELABORACIÓN PROPIA

Estos valores representan un máximo probable que se puede tener de entrada y salida de agua del sistema en la capa superficial, y por ello al considerar los demás procesos que ocurren en el medio se obtiene el flujo real que se ilustra en la siguiente figura.

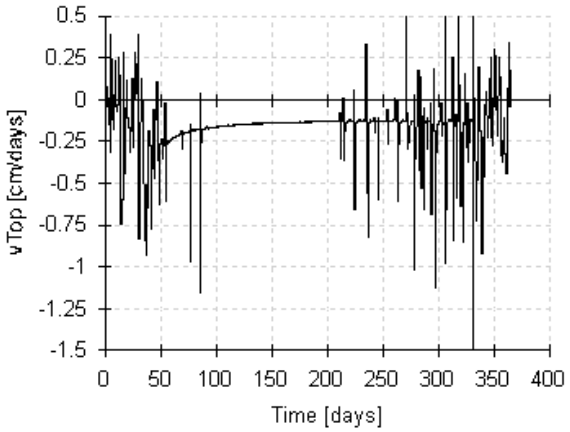


FIGURA 72. FLUJO REAL EN SUPERFICIE
LAS OSCILACIONES Y PICOS CORRESPONDEN A CAMBIOS RÁPIDOS EN LAS CONDICIONES ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA
ELABORACIÓN PROPIA

Esta gráfica de flujo real en superficie indica que en los periodos de verano se tienen cambios continuos en el movimiento del agua, es decir, dadas las variaciones diarias de las lluvias se puede producir recarga y evaporación y por tanto cambios rápidos en las condiciones de saturación del suelo. En el periodo de invierno el suelo se satura y mantiene recarga constante de aproximadamente 0,25 cm/día que equivale a aproximadamente un 16% de la precipitación del APE-Nogal en época de lluvia y cerca de un 50% en época de verano (ver Figura 68). A lo largo del año se genera escorrentía salvo en los meses de enero y diciembre tal y como se muestra en la siguiente figura.

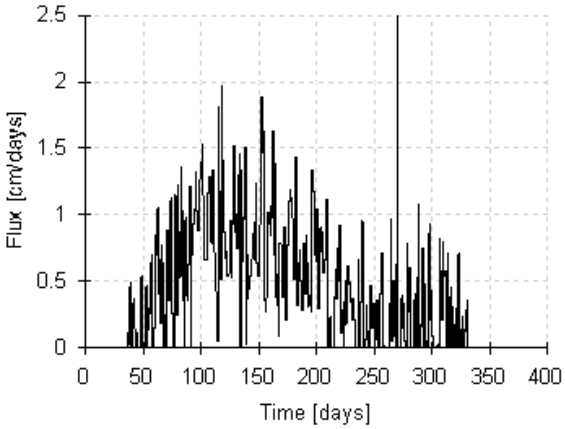


FIGURA 73. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL GENERADA EN EL APE-NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

El flujo superficial entonces se produce principalmente en los periodos de lluvia y en los demás meses se da principalmente la recarga de las unidades acuíferas. Entonces, a partir de los flujos acumulados reales al final del periodo de modelación se encuentra el volumen total que entra y sale del modelo. En la siguiente tabla resumen los resultados.

TABLA 10. VOLÚMENES QUE ENTRAN Y SALEN DEL MODELO EN UN AÑO PROMEDIO ESTIMADOS A PARTIR DE VALORES ACUMULADOS DEL FLUJO REAL EN LA SUPERFICIE, LA ESCORRENTÍA, LA ETP Y LA PRECIPITACIÓN

Tipo	Volumen	Porcentaje
Infiltración	57	17%
Escorrentía	155	46%
ETP	130	39%
Precipitación	336	

De estos resultados se debe resaltar que la suma de infiltración, escorrentía y ETP (344 cm) es mayor que la precipitación, lo que puede estar asociado con la incertidumbre del cálculo de la ETP generando un error del 2,3%. Asumiendo que el error cometido es nulo, la recarga en términos anuales es de cerca del 17% y la mayor proporción de la entrada del modelo se convierte en escorrentía, lo cual es más coherente dados los tipos de suelo que se tiene, en especial por los picos de lluvia que se presentan.

Este análisis inicial muestra una doble problemática que se puede presentar en El Nogal, pues de una parte el contaminante que se vertería en los campos de infiltración puede tener la posibilidad de convertirse muy fácilmente en escorrentía y por tanto llegar rápidamente a las aguas superficiales. En el otro sentido al darse la infiltración se generaría una evolución del frente de humedad (ver la figura siguiente) y de la concentración del soluto en el suelo.

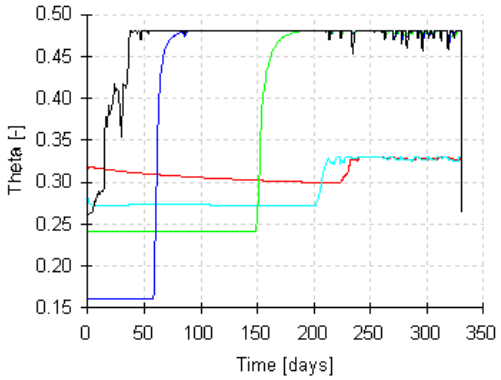


FIGURA 74. EVOLUCIÓN DEL FRENTE DE HUMEDAD PARA LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN DEFINIDOS 8 (NEGRO), 41 (AZUL), 97 (VERDE), 137 (AZUL) Y 180 CM (ROJO)
ELABORACIÓN PROPIA

En esta gráfica se puede ver como se saturan paulatinamente el suelo y el tiempo que le toma al frente de humedad en propagarse hasta cada uno de los puntos. En la gráfica no se tiene el comportamiento continuo de ascenso y descenso del nivel de humedad por la intensidad y regularidad de las lluvias, evidenciado en el análisis de vertimientos de la evaluación ambiental independiente que elaboró Terrae de los estudios ambientales de la empresa petrolera, obligando a que en el modelo se alcance siempre la saturación máxima de cada tipo de suelo. En el hipotético caso que se cumpla con la frecuencia de lluvias obtenidas con el valor medio diario, el tiempo que le toma al frente de humedad llegar a una profundidad de 1 metro es de aproximadamente 150 días.

Este tiempo de propagación se encuentra asociado fuertemente con las propiedades hidráulicas de cada uno de los horizontes. En el caso del horizonte B se evidencia con el espaciamiento que hay entre los tiempos en que se comienza a saturar el suelo para los puntos de observación 41 (B), 97 (B) y 137 (C), en comparación con los puntos de observación 137 (C) y 180 (C ver Figura 70 para la ubicación) ubicados en el horizonte C. En este último caso el frente de humedad recorre aproximadamente 50 cm en aproximadamente 10 días. Con esto se puede ver en parte los efectos que tienen las zonas preferencial de flujo o zonas en que se da la migración de fluido a velocidades mucho mayores (capas limo-arenosas, capas arenosas, capas conglomeráticas y zonas de fallas geológicas y fracturas abiertas). En este sentido al analizar la concentración del soluto se encuentran los siguientes resultados

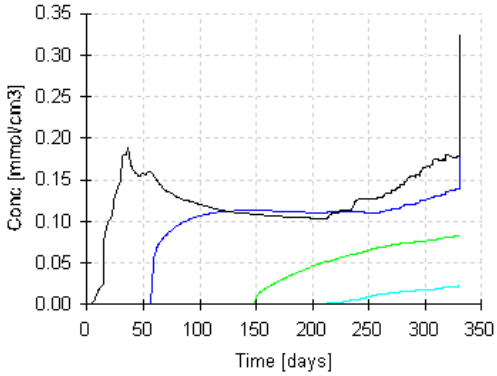


FIGURA 75. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL SOLUTO EN LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN DEFINIDOS: 8 (NEGRO), 41(AZUL), 97(VERDE), 137(AZUL) Y 180 CM (ROJO)
ELABORACIÓN PROPIA

Estos resultados deben interpretarse como indicativo del comportamiento, de hecho parecen haber picos de concentración del soluto mayores a los vertidos (0,1 mmol/cm^3). Una hipótesis a este respecto es que dadas las condiciones con que se propaga el frente de humedad y la intensidad de los flujos superficiales, en especial en el horizonte B, se genera acumulación del soluto. De otra parte, resulta evidente la correlación que hay entre los tiempos de propagación del soluto y los del frente de humedad, donde dichos tiempos dependen igualmente del coeficiente de difusión del contaminante y en particular de la difusión hidrodinámica del medio.

La difusión hidrodinámica se encuentra relacionada con la heterogeneidad del medio y la dispersión que genera las velocidades y direcciones preferenciales de flujo (Bear & Cheng, 2010[98]; Wang & Anderson, 1995[99]). En este sentido, dada la presencia de lentes y zonas fracturadas evidenciadas en campo se debe priorizar el estudio de esta propiedad considerando escalas adecuadas y trabajos como mínimo considerando modelos 2D de tal forma que se tenga en cuenta la ubicación de los manantiales, moyas, pozos y humedales presentes en la zona.

2.3 Geomorfología

La geomorfología es una disciplina que tiene por objeto la descripción de las formas del terreno, la explicación de su génesis (origen) y evolución a través del tiempo geológico, la definición de la naturaleza de los materiales que constituyen las geoformas, la clasificación de los paisajes, principalmente con base en su morfología, origen, edad y composición, y la explicación y descripción de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores (Villota, 1991)[100].

El presente documento recopila las características geomorfológicas a escala 1:25.000 del área de influencia del APE El Nogal, con base en la revisión de información secundaria, jornada de campo e interpretación de sensores remotos. La información consignada aquí se constituye en insumos para la definición de zonas que merecen poca o nula intervención antrópica dada su importancia para el correcto funcionamiento de los ecosistemas y los flujos de agua superficial y subterráneos.

Con base en lo anterior, se establece una línea base geomorfológica para la recarga de acuíferos y posibles afectaciones por la intervención petrolera dentro del Área de Perforación Exploratoria (APE) El Nogal; se corroboran los argumentos presentados en el documento *Evaluación de la información remitida por Emerald Energy y C&MA y de la normativa ambiental correspondiente*, generado en el marco del presente proyecto y se aporta nueva evidencia para su sustento, así como nuevas omisiones e inconsistencias, todo lo cual se expone a continuación.

2.3.1 Metodología

Este capítulo presenta el método y los pasos seguidos para la recopilación y generación de información geomorfológica y morfodinámica de la zona de estudio.

[98] Bear & Cheng, 2010, Modeling groundwater flow and contaminant trasnport. Springer.
[99] Wang & Anderson, 1995, Introduction to grounwater modeling, Academic press.
[100] Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

2.3.1.1 Revisión de información existente

En esta fase se revisó la información geomorfológica existente, consultando diversas fuentes de información como el Servicio Geológico de Colombia, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, el Instituto de Estudios Ambientales – IDEAM, revistas indexadas, tesis de universidades, entre otros.

En la búsqueda de información se hizo énfasis en metodología de cartografía geomorfológica, así como en la cartografía existente en la zona de estudio en aspectos de unidades geomorfológicas y su relación con zonas inundables, y zonas de recarga de acuíferos en cercanías a los municipios de Valparaiso, Morelia, Milán y Belén de los Andaquíes.

2.3.1.2 Jornada de campo

Durante las actividades de campo se tomaron datos de tipos de geoformas, formas de relieve, inclinaciones de ladera, datos estructurales, determinación de tipos de material, procesos que allí tuviesen lugar (deslizamientos, cárcavas, movimientos de material) y las zonas inundables de ríos y quebradas, y la presencia y distribución de humedales entre otros, recopilando así la información relevante de morfogénesis, morfometría y morfodinámica.

Para ello, se hizo un control de campo mediante puntos o estaciones georreferenciadas mediante GPS, en las que se identificaba el tipo de relieve (lomerío, terraza, llanura o zona de inundación), la posición geomorfológica del punto controlado (parte alta media o baja de una ladera, límite de la zona de inundación, escarpe o inicio de una terraza, etc.) y las características de humedad y/o presencia de agua (terrenos encharcados, humedales, límite de inundación, etc.).

Para los procesos identificados se tomó información respecto a tipo de proceso, inclinación de la pendiente no afectada por proceso, inclinación de la pendiente afectada por el proceso, material afectado por el proceso, descripción del material movilizado, ancho y longitud del proceso, y posibles causas

Las medidas de inclinación de ladera se hicieron con el uso del Nivel Abney (Fotografía 78), las medidas de dirección de flujo de los procesos se llevaron a cabo con la brújula y las medidas de alturas de escarpes de terraza mediante el uso de cinta métrica, bastón de Jacob y/o nivel Abney, todo ello acompañado de registro fotográfico.



FOTOGRAFÍA 78. MEDIDAS DE PENDIENTE.
TOMA DE MEDIDAS DE PENDIENTE CON NIVEL ABNEY

En total se hicieron 17 estaciones, localizadas en lugares altos desde donde se identificaron las unidades y se describieron.

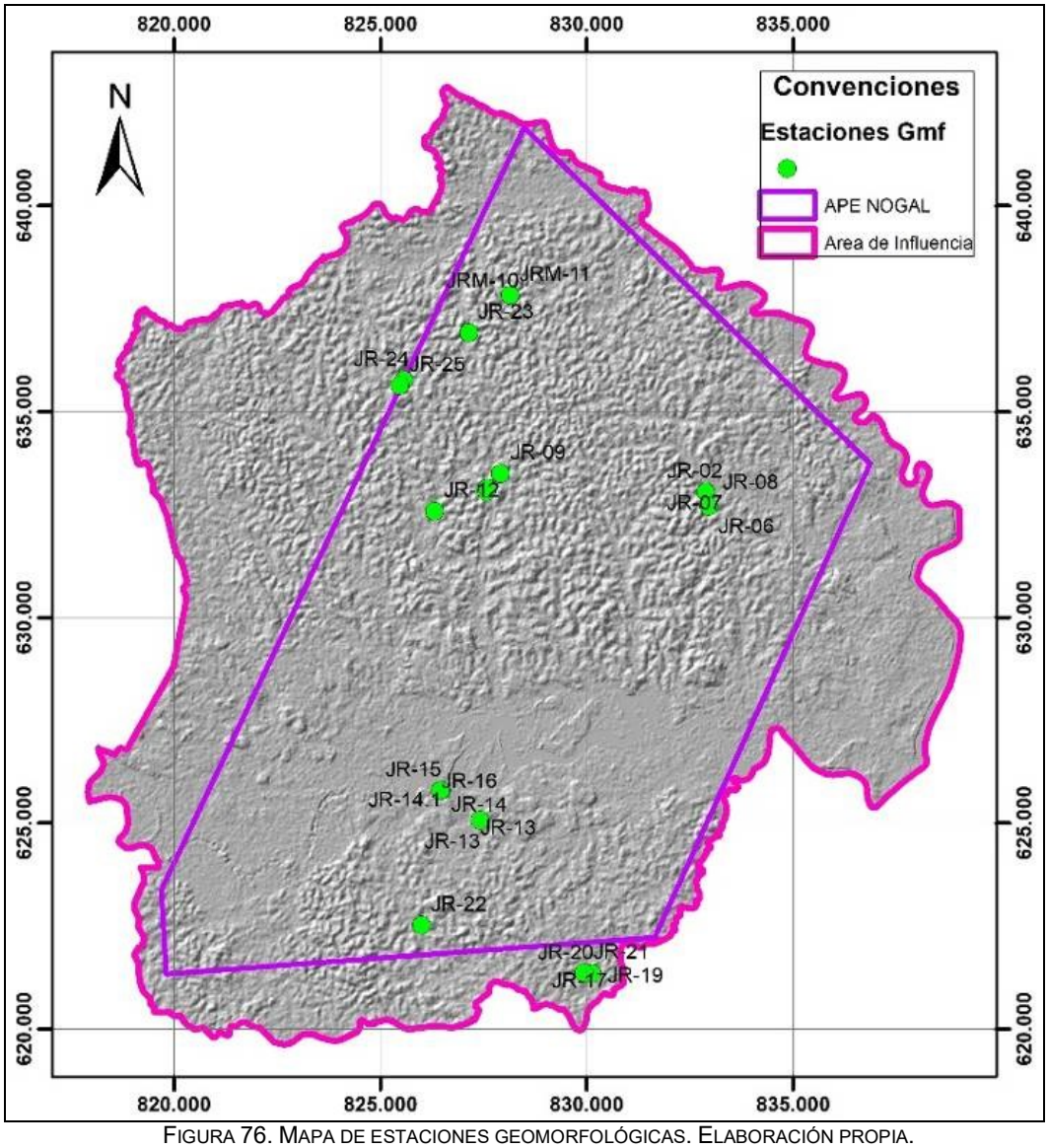


FIGURA 76. MAPA DE ESTACIONES GEOMORFOLÓGICAS. ELABORACIÓN PROPIA.

2.3.1.3 Interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales

Para realizar una caracterización del terreno según sus propiedades geomorfológicas se llevó a cabo la interpretación multitemporal de fotografías aéreas de los años 1992, 1985 e imágenes satelitales del 2013.

En total, se revisaron 3 vuelos en escalas 1:45.000 a 1:48.500 para la década del 80 y 3 vuelos en escalas de 1:47.000 a 1:64.000 para la década del 90, como se indica en la siguiente tabla. Para el año de 2013 se empleó una imagen Landsat de Google Earth tomada el día 16 de enero a una escala de 1:7.053.

Dicha interpretación tuvo dos etapas: La primera previa al campo, con el objetivo de llevar un mapa preliminar y la segunda posterior al mismo. Con el fin de complementar lo observado en campo. La lista de las fotografías usadas se encuentra en la Tabla 1.

TABLA 11. FOTOGRAFÍAS AÉREAS QUE ABARCAN EL APE EL NOGAL. ELABORACIÓN PROPIA

Fecha	Vuelo	Sobre	Escala	Fotografías
01/01/1992	C-2470	36253	1:48100	71 a 75
01/01/1992	C-2470	36254	1:47600	83 a 86
21/02/1991	C-2448	36050	1:63800	194 a 198
20/01/1985	C-2180	32691	1:47900	43 a 51
21/01/1985	C-2181	32703	1:48550	35 a 39
18/01/1985	C-2178	32667	1:45300	169 a 175

La interpretación geomorfológica se centró en identificar las formas del terreno y los ambientes morfogenéticos, así como relacionar espacialmente geoformas con parámetros como material constitutivo, patrón de drenaje, uso del suelo, procesos morfodinámicos que afectan superficialmente dichas geoformas, incidencia tectónica, entre otros.

Con el fin de interpretar las fotografías aéreas e imágenes satelitales se utilizó el análisis visual de las mismas. Dicho método es una técnica empírica que requiere experiencia, entrenamiento, una metodología sistemática y criterios de interpretación bien definidos. El intérprete identifica y clasifica las geoformas con base en el análisis de un conjunto de características de la fotografía aérea (forma, tamaño, color, tono, moteamiento, textura, patrón de los objetos, topografía y escenario). (Guzzetti, et al., 2012)[101].

Los parámetros color, tono, moteamiento y textura dependen de la luz reflejada por la superficie y pueden ser usados para inferir la presencia de roca, suelo o vegetación, siendo esta última una aproximación a la humedad. El moteamiento y la textura son medidas de la rugosidad del suelo y se pueden utilizar para identificar tipos de superficies. El patrón es un arreglo espacial de objetos en un orden repetitivo y se utiliza para inferir tipo de roca, resistencia a la erosión, presencia de fracturas, fallas, estratificación y otros rasgos y lineamientos estructurales. La topografía indica características morfométricas como diferencia de altura, inclinación de la ladera, aspecto, presencia de concavidades y convexidades del terreno.

Para llevar a cabo dicha interpretación, y con base en las geoformas típicas de cada ambiente identificado dentro de la zona de estudio, se utilizaron las siguientes convenciones para la fotointerpretación, basadas en aquellas presentes en Carvajal Perico (2012)[102] y Verstappen & van Zuidam (1991)[103].

[101] Guzzetti, F., Mondini, A. C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., & Chang, K.-T. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problem. (Elsevier, Ed.) Earth-Science Reviews(112), 42-66.
[102] Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.
[103] Verstappen, H. T., & van Zuidam, R. A. (1991). El sistema ITC para levantamientos geoorfológicos (Vol. 10). Enschede, Netherlands: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences - ITC.

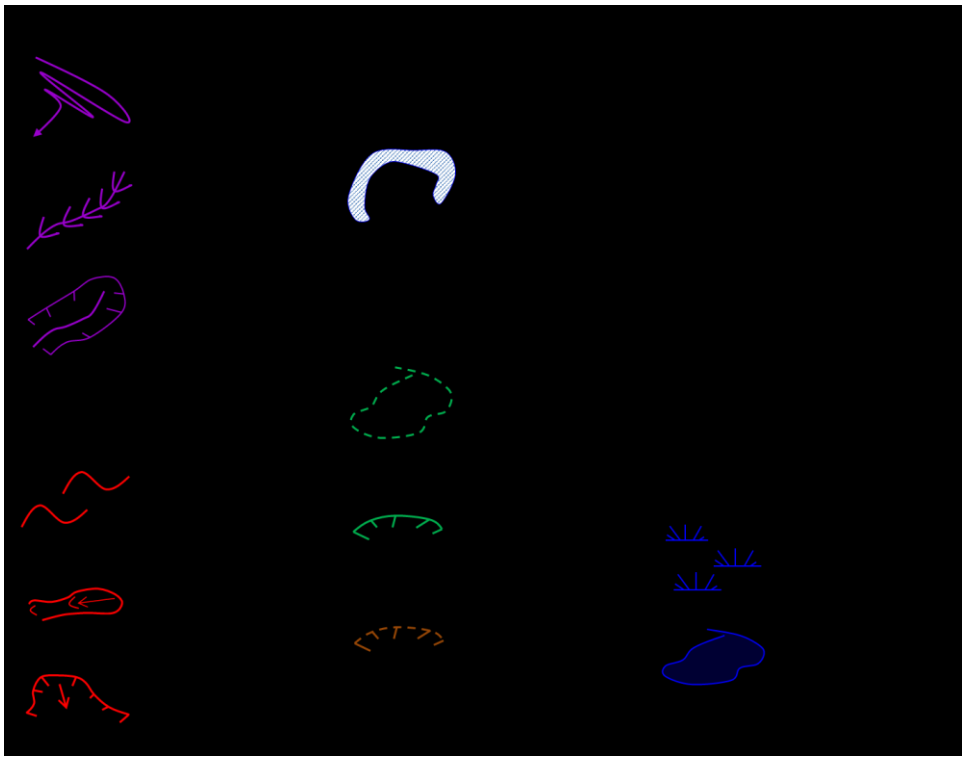


FIGURA 77. ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS POR IDENTIFICAR Y LAS CONVENCIONES A SER UTILIZADAS EN EL PROCESO DE INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS. FUENTE: MODIFICADO DE VERSTAPPEN & VAN ZUIDAM, (1991).

Posteriormente se realizó la georreferenciación de las imágenes interpretadas y la digitalización de la interpretación.

2.3.1.4 Interpretación del modelo digital de elevación (DEM)

Posterior a la interpretación de fotografías aéreas, y las jornadas de campo, se llevó a cabo el análisis del modelo digital de elevación (MDE) con pixeles de 12,5 metros por 12,5 metros obtenido a través de la ASF (Alaska Satellite Facility)[104] y se generó un mapa de sombras a 45° y 315° y un mapa de pendientes del área de influencia del APE El Nogal.

El mapa de pendientes fue visualizado utilizando rangos de pendientes ingenieriles en donde se tienen en cuenta los ángulos de fricción de los materiales, teniendo así ocho (8) clases (o°-3°, 3°-7°, 7°-13°, 13°-17°, 17°-23°, 23°-30°, 30°-37° y 37°-90°).

[104] Dataset: ASF DAAC 2015, ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected high res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 26 September 2015. DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA

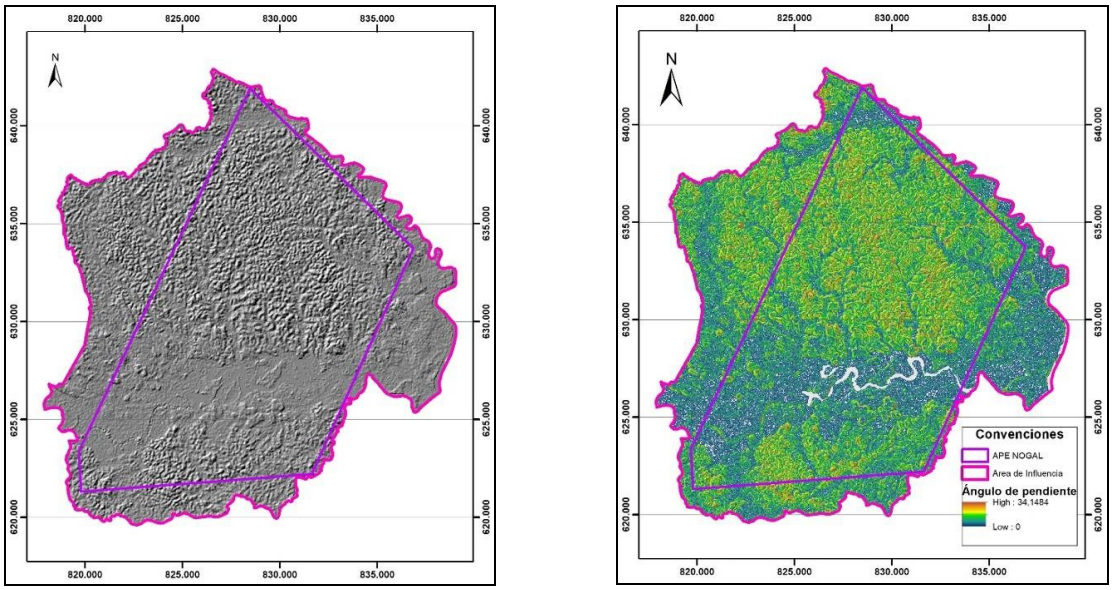


FIGURA 78. MODELO DE SOMBRAS A 315° Y MAPAS DE PENDIENTES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Finalmente, el mapa de pendientes superpuesto al de sombras fue utilizado para definir las zonas inundables correspondientes a aquellas zonas con pendientes entre 1° y 4°.

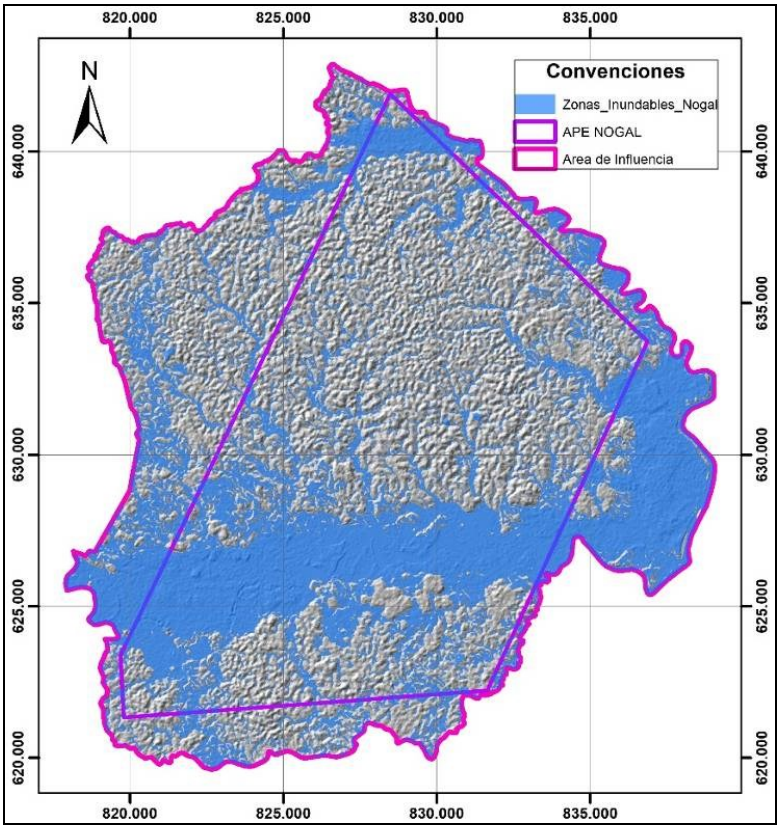


FIGURA 79. MAPA DE ZONAS INUNDABLES. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

2.3.1.5 Análisis de oficina, producción de informes y mapas

Para elaborar la clasificación de unidades geomorfológicas y elementos morfodinámicos se utilizó como base la metodología planteada por Carvajal Perico, (2012)[105] que fue complementada con la del ITC (Internacional Institute for Aerospace Sourcey and Earth Sciencies) de Holanda, propuesta por van Zuidam, (1985)[106] y los criterios expuestos por Villota, (1991)[107] y Vargas Cuervo, (1999)[108]. Tal y como se explicó en el capítulo de Marco Teórico.

De todo lo obtenido en la recopilación bibliográfica, jornadas de campo e interpretación de sensores remotos se obtuvieron insumos temáticos y geométricos como se describe a continuación:

a) Insumos temáticos (Cartografía temática geológica, morfoestructural, de suelos, de cobertura e información de movimientos en masa y procesos morfodinámicos)
b) Insumos geométricos (Imágenes satelitales y fotografías aéreas e insumos generados a partir del modelo digital de elevación).

Dichos insumos fueron utilizados en la generación del mapa geomorfológico final en escala 1:25.000 en donde la captura de las geoformas fue realizada al nivel de Unidades geomorfológicas, Subunidades geomorfológicas y en algunos casos Elementos geomorfológicos, todo ello fundamentado en la diferenciación de las geoformas y sus relaciones según su origen o ambiente morfogenético.

2.3.2 Antecedentes

A continuación, se presentan los documentos consultados y un resumen de sus aspectos más importantes con el fin de establecer un estado del arte de la geomorfología para la zona de estudio.

- Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras[109].

Se hace una identificación y caracterización de las principales geoformas de cada ambiente morfogenético, que para la zona de estudio son las de origen aluvial o fluvial y de origen eólico.

- El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos[110].

Se hace una descripción de la metodología cartográfica para geomorfología utilizada por el ITC. Contiene un anexo con símbolos para unidades y elementos geomorfológicos.

- Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia[111].

[105] Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.
[106] van Zuidam, R. A. (1985). Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. (I. I. Science. Ed.) The Hague, Netherlands: Smiths Publishers.
[107] Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.
[108] Vargas Cuervo, G. (1999). Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. Cooperación Colombo-alemana. Proyecto Río Guatiquía (PRG).
[109] Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.
[110] Verstappen, H. T., & van Zuidam, R. A. (1991). El sistema ITC para levantamientos geoorfológicos (Vol. 10). Enschede, Netherlands: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences - ITC.

En este documento se encuentra la propuesta de metodología y convenciones para la elaboración de mapas geomorfológicos en Colombia. Dentro de esta es de importancia resaltar la implementación de la jerarquización geomorfológica donde las unidades van ligadas a la escala de trabajo lo que facilita hacer cambios de escala sin perder el sentido de las unidades.

Así, debido a la escala de trabajo del presente estudio, 1:25.000 el mapa geomorfológico a generar, estaría en el marco de las subunidades geomorfológicas, por lo que se contemplan criterios como morfogénesis, morfometría y morfodinámica para su clasificación. De igual manera en este documento se hace la estandarización de las convenciones para la cartografía, utilizando colores morados para las unidades morfo-estructurales, marrón para las unidades de origen denudacional, azul para las unidades de origen fluvial-lagunar, gris para las unidades de origen glacial y periglacial, y tramas en negro para las unidades de origen antrópico. También se incluye un catálogo de convenciones de geomorfología basado en el sistema ITC.

2.3.2.1 Paisajes fisiográficos del Orinoquia - Amazonia (ORAM) Colombia.[112]

Este documento presenta un reconocimiento interdisciplinario de las Provincias Fisiográficas Surorientales de Colombia contemplando las características bioclimáticas, hidrológicas, geológicas, fisiográficas de fauna y vegetación. Respecto a las características geomorfopedológicas de las unidades fisiográficas se describen las unidades de paisaje que componen a la Provincia Fisiográfica Mega Cuenca de sedimentación de la Orinoquia. Específicamente la Subprovincia Fisiográfica S: Cuencas sedimentarias de los ríos andinenses: Duda, Guayabero, Losada, Guaviare, Caguán, Orteguaza, Caquetá, San Miguel, Putumayo, Amazonas y tributarios, incluye el sector del bajo río Apaporis. Para el sector del piedemonte de Caquetá y Putumayo se describen las siguientes unidades.

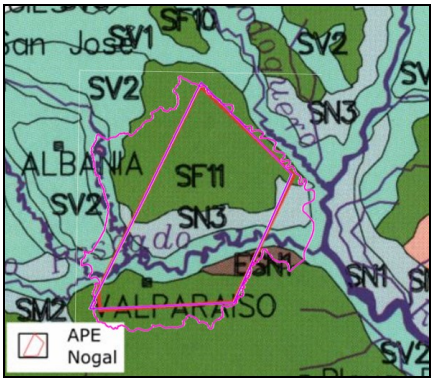


FIGURA 80. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO SEGÚN IGAC, (1999).

SV1: Abanicos y abanicos - terraza, mixtos: diluviales y aluviales. Medios a bajos, poco disectados, con drenaje rápido a moderado y localmente afectados por neotectonismo. Recientes a subactuales. Se encuentran desde las partes más bajas de la cordillera (400 msnm) hacia los sectores de las Llanuras Aluviales actuales (320

[111] Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.
[112] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1999. Paisajes fisiográficos del Orinoquia - Amazonia (ORAM) Colombia. Análisis Geográficos Nos. 27 - 28. Pgs 177 – 190.

msnm) del Piedemonte Depositacional cordillerano. Se extienden paralelos a las cuencas de los ríos importantes, desde el río Duda hasta el sector alto del río Putumayo. Los abanicos terraza se encuentran de manera puntual, al sur del río Caguán se formaron por episodios diluviales, con aportes aluviales provenientes de la erosión de las vertientes de las cordilleras.

SV2: Abanicos y abanicos terraza, diluviales altos a medios, algo disectadas, con influencia volcánica y neotectónica localizada, antiguos a subrecientes. Se ubican entre los ríos Caguán y Putumayo entre los (450 – 350 msnm) se presentan asociados a las unidades SV1, SF10, SF11, (en medio de ellas) en contacto transicional y localmente complejo por la similitud morfológica. Ocupan las posiciones más altas hacia las Llanuras Aluviales principales, sin embargo, se pueden encontrar solos y extendidos como Abanicos Altos, con superficies poco disectadas. En algunos sectores las lomas presentan una inclinación de 3° - 7° junto con lomeríos terciarios.

SF10: Lomerío fino homogéneo en arcillolitas y limolitas intercaladas con areniscas terciarias Se encuentra entre las cuencas altas de los ríos Caguán Putumayo, presentan laderas inclinadas (>12°), muy homogéneo, predomina un mismo nivel medio de 30 – 40 metros, con cimas subredondeadas y en menor proporción sub-agudas, estrechas y con una inclinación de 1° - 5°. Sus laderas son rectas y escalonadas entre 30 a 50 metros de altura con una inclinación de 12° – 30° con vallecitos estrechos en forma de “V”, con poca incisión vertical activa desbarrancamiento lateral hacia vallecitos y depresiones, movimientos masivos superficiales lentos en laderas.

SF11: Lomerío medio a grueso, algo irregular y con control estructural, en areniscas y limolitas intercaladas con arcillolitas terciarias. Se encuentran entre los ríos Bodoquero y Pescado, presenta laderas altas entre 30 y 80 metros y con una inclinación de 7° a 12° con características muy similares a la unidad SF10, como lo que suelen estar en el mismo sector, se diferencian porque este lomerío tiene un aspecto más heterogéneo con diferentes grados de ondulación. Las lomas son largas, amplias y bien definidas, la altura promedio de las cimas está entre 20 y 30 metros. Hay superficies restringidas onduladas. Ciertas superficies irregulares indicando áreas con un mayor control estructural. Las cimas son tabulares, subredondeadas y subangulares moderadamente amplias a estrechas, las laderas rectas y escalonadas con inclinaciones entre 5° y 25°. Los valles asociados a esta unidad son de carácter diluvial, aluvial, de fondo plano, estrechos a medios en forma de “U” que pueden asociarse con glacis coluviales - estructurales, formando un patrón de drenaje dendrítico, localmente angular y paralelo.

SN3: Terrazas aluviales altas a medias, con ligera influencia tectónica y diferentes grados de disección, drenaje rápido y en pequeñas áreas lento. Subcrecientes a antiguas. Predominan como terrazas discontinuas con extensiones entre 5 km x 25 km, aproximadamente. Con alturas relativas entre 30 y 50 m, con inclinaciones entre 0° y 3°, formas ligeramente onduladas. Ocasionalmente son superficies plano cóncavas con drenaje lento a encharcado, algunas terrazas presentan orillares, restos de meandros abandonados antiguos, rasgos relacionados con Llanuras Aluviales de desborde, sugiriendo un carácter aluvial. En terrazas más disectadas y elevadas es frecuente encontrar un patrón de drenaje con un mayor control estructural. Sufren procesos erosivos superficiales y concentrados, con ligera disección y que afecta estas superficies.

2.3.2.2 Sistemas morfogenéticos de Colombia[113]

En este documento se encuentra una descripción de los sistemas morfogenéticos de Colombia, en escala 1:500.000. Según este documento, la zona de estudio se ubica en el Dominio Amazónico (DA) y en el Dominio de Depresiones Tectónicas (DT). Para la zona de estudio, se presentan tres unidades, como se observa en las planchas 5-18 y 5-19 y se describen a continuación.

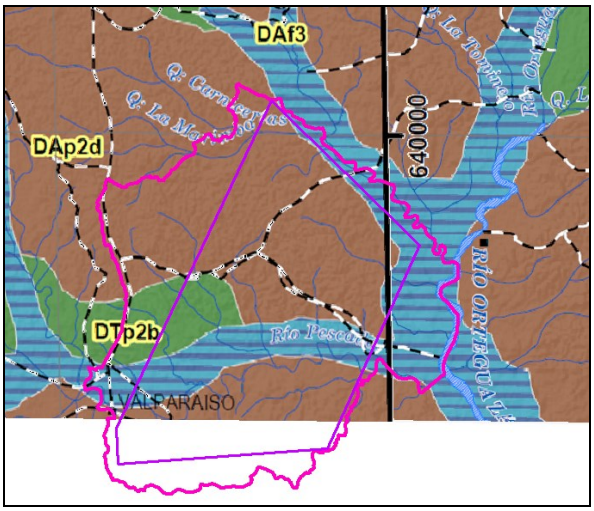


FIGURA 81. SISTEMAS MORFOGENÉTICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.
FUENTE: IDEAM, 2010 UNIÓN DE PLANCHAS 5-18 Y 5-19.

Piedemonte exterior bajo (DTp2b)

Son áreas de baja inclinación (1° a 3°), de geometría de conos, en donde los ríos, de carácter trenzado, presentan valles de divagación muy amplios y poco profundos, de manera que el río al descender de la montaña divaga entre sus propios sedimentos, de ahí que en eventos de crecidas el río se desborda depositando sus materiales. En las zonas distales de los conos los ríos se tornan meándricos.

Plataforma del terciario inferior, modelado de disección (DAp2d):

Son zonas, en donde los sedimentos arcillosos presentan, en parte, un plegamiento suave, pero conservan en general la estructura tabular horizontal o subhorizontal. Dichos materiales se encuentran cubiertos por una cobertura de concreciones petroférricas debidas a la meteorización de las arcillas, relacionada posiblemente con climas muy secos del pasado (Pleistoceno).

Dichas plataformas presentan diferentes grados de disección, dada por una red de drenaje dendrítica. Entre los drenajes aparecen los interfluvios agudos (y densos) formando un paisaje de lomeríos bajos. La pendiente general es inferior a 6°; sin embargo, este valor no incluye los valores de pendientes fuertes entre los interfluvios° y los ejes de drenaje.

[113] IDEAM, 2010. Sistemas Morfogenéticos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C.., 252p., 2 anexos, 26 planchas en DVD. ISBN- 978-958-8067-26-1. Distribución Gratuita.

Los procesos dominantes son la disección (escurrimiento concentrado) y el escurrimiento superficial difuso, que, aunque moderado funciona bajo bosque.

Llanura aluvial de desborde de ríos andinos (DAf3)

Los ríos de origen amazónico se diferencian de los de origen andino principalmente por la concentración de sedimentos en suspensión. Los ríos andinos transportan una carga mayor de sedimentos (170 y 60 ppm los ríos Caquetá y Putumayo respectivamente, frente a los 9ppm de los ríos de origen amazónico) y por esa concentración se les denomina ríos de "aguas blancas".

Corresponden a las zonas inundables de los ríos de origen andino, cuando salen de la zona andina y entran en la zona amazónica donde las pendientes son bajas (menores a 5 grados).

Como llanura aluvial presenta geoformas diversas: cauce menor con bancos aluviales y meandros, cauce mayor con lechos abandonados, diques y cubetas de desborde (ciénagas). La característica limitante de la llanura aluvial actual es que permanece inundada durante varios meses al año. En los depósitos dominan los materiales limoarcillosos, con excepción de los cercanos a la cordillera donde la fracción gruesa es más importante.

2.3.3 Marco teórico

El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno: origen, procesos naturales que han ocurrido y fenómenos naturales conexos. Por lo anterior es necesario analizar la reconstrucción del desarrollo geomorfológico bajo la influencia de factores endógenos (geológicos) y exógenos (climáticos, etc) tanto del pasado como del presente. Es necesaria una síntesis para relacionar la expresión geomorfológica del terreno con las condiciones ambientales predominantes (Verstapen & Van Zuidam, 1991)[114].

Teniendo en cuenta esto, la caracterización de unidades geomorfológicas involucra el análisis de información ambiental (suelos, hidrología, vegetación, etc.) junto con la caracterización de 5 grandes aspectos:

a. ***Morfogénesis:*** Estudia el origen y la evolución de las formas del terreno. (Génesis o modelado). Según Verstappen & van Zuidam, (1991) y Carvajal Perico, (2012)[115], los ambientes morfogenéticos se agrupan en:

   - *Ambiente morfoestructural (S):* corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos. Incluye el ambiente neotectónico (Geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario). El color utilizado en la cartografía para estos paisajes es el púrpura.

[114] Verstappen, H. T., & van Zuidam, R. A. (1991). El sistema ITC para levantamientos geoorfológicos (Vol. 10). Enschede, Netherlands: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences - ITC.
[115] Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.

- *Ambiente volcánico (V):* asociado en las regiones donde predominan los procesos que generan geoformas volcánicas por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra. Color recomendado el rojo.

- *Ambiente denudacional (D):* determinado por la actividad de procesos de meteorización, y predominantemente de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa actuantes sobre geoformas pre-existentes. Para este tipo de regiones el color adoptado es el marrón.

- *Ambiente fluvial y lagunar (F):* corresponde a las geoformas generadas por procesos relacionados con actividad fluvial. Se usa el color azul para estas regiones.

- Ambiente marino profundo y costero (M): determinado por las geoformas construidas por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero del mar. El color propuesto para este tipo de región es el verde.

- *Ambiente glacial y periglacial (G):* definido por las geoformas originadas por la acción glacial, tanto de los casquetes polares, como en altas montañas. Color de la simbología para la cartografía de este tipo de ambiente natural es el gris.

- *Ambiente eólico (E):* geoformas formadas por la acción del viento, como agente modelador del paisaje en zonas desérticas principalmente. Las geoformas de este ambiente se identifican con color amarillo.

- *Ambiente kárstico (K):* definido por las formas producto de la meteorización y dilución de rocas y materiales de fácil dilución en ambientes húmedos y cálidos, tales como las calizas y sal. Este tipo de geoformas se recomienda utilizar simbología en color naranja.

- *Ambiente antropogénico y/o biológico (A):* morfologías formadas por la actividad del hombre que modifica la superficie del terreno. Geoformas cartografiadas en tramas de color negro.

b. **Morfoestructura:** Tiene que ver con la disposición, composición y dinámica interna de la tierra, es decir las características de los materiales involucrados y su disposición estructural.

c. **Morfología:** Apariencia y forma del relieve. Caracterización cualitativa:

- Tipo de relieve: montañoso, colina, lomas, montículos.

- Forma de la ladera: recta, cóncava, convexa, irregular, compleja, divergente, convergente.

- Forma del valle: artesa, forma de U, forma de V, forma de U con fondo plano, forma de V con fondo plano.

- Forma de la cresta: aguda, redondeada, plana, convexa amplia, convexa plana.

- Patrón de drenaje: paralelo, subparalelo, dendrítico, subdendrítico, pinado, rectangular, radial, anular, multicuenca, contorsionado.

- Textura del drenaje.

d. **Morfometría:** Trata de los aspectos cuantitativos de las geoformas, las cuales incluyen medidas, dimensiones y valores, contraste del relieve, longitud de la ladera, inclinación de la ladera, densidad de drenaje, frecuencia de drenaje.

Inclinación de la pendiente	
Descripción	**Inclinación**
Plana	< 1°
Suavemente inclinada	1° – 5°
Moderadamente inclinada	6° – 10°
Muy inclinada	11° – 15°
Abrupta	16° – 20°
Muy Abrupta	21° – 30°
Escarpada	31° – 45°
Muy escarpada	> 45°

Longitud de la ladera	
Descripción	**Elevación**
Muy corta	< 50 m
Corta	51 - 250 m
Moderada	251 - 500 m
Larga	501 - 1000 m
Muy larga	1001 - 2500 m
Extremadamente larga	> 2500 m

Patrón de drenaje
Paralelo
Subparalelo
Dendritico
Subdendritico
pinado
rectangular
radial
anular
multicuenca
contorsionado

Formas de la ladera
Recta
Concava
Convexa
Irregular
Compleja

Forma del valle
Artesa
Forma de V
Forma de U

Densidad de drenaje	
Calificación	**Rangos**
Baja	< 0,5 km/km2
Moderada	0,51 - 1 km/km2
Alta	>1 km/km2

Tipo del relieve	
Tipo	**Elevación**
Montañoso	> 400 m
Colina	201 - 399 m
Loma	50 - 200 m
Monticulos	0 - 49 m

Contraste de relieve	
Descripción	**Elevación**
Muy bajo	< 29 m
Bajo	30 - 74 m
Moderado	75 - 149 m
Alto	150 - 249 m
Muy alto	250 - 499 m
Extremadamente alto	> 500 m

FIGURA 82. TABLAS CON LOS RANGOS DE ALGUNOS ATRIBUTOS DE MORFOLOGÍA Y MORFOMETRÍA. FUENTES: (VAN ZUIDAM, 1985)[116] Y (DAMEN, 1990)[117].

e. **Morfodinámica:** Estudia los procesos que generan cambios físicos y químicos (meteorización, erosión, remoción en masa y depositación) en los materiales y las formas superficiales de la tierra. Estos procesos pueden estar activos o haber estado activos en el pasado con posibilidad de volverse a activar. Para su identificación y clasificación se tienen en cuenta los criterios definidos por Varnes, (1978)[118]

f. **Morfocronología:** Trata de la edad relativa o absoluta de cada una de las geoformas del terreno.

Al momento de generar la cartografía es importante considerar la escala de trabajo, pues dependiendo de esta, se va a considerar uno u otro aspecto como factor determinante para diferenciar una unidad de mapeo de la otra. Siendo así, se tiene el esquema de jerarquización geomorfológica, en donde dependiendo de la escala y nivel de detalle del estudio se tienen las unidades de mapeo.

[116] van Zuidam, R. A. (1985). Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. (I. I. Science, Ed.) The Hague, Netherlands: Smiths Publishers.
[117] Damen, M. C. (1990). Terrain classification using aerospace imagery. Selected qualitative and semiquantitative methods. Revista ITC, 90, 1-17.
[118] Varnes, D. J. (1978). Slope movement and types and processes. En N. A. Transportation Research Board, & R. S. Krisek (Ed.), Special Report. Landslides: Analysis and control. (Vol. 176, págs. 11-33).

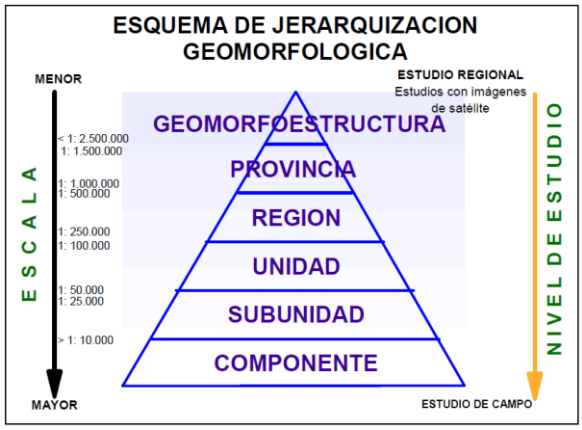


FIGURA 83. ESQUEMA DE JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA. FUENTE: CARVAJAL PERICO, (2012)[119].

a. **Geomorfoestructura** (escala < 1:2.500.000): Corresponde a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales, (megageoformas de origen tectónico). Ejemplo de esta categoría son cratones, escudos, plataformas, grandes cuencas, cinturones orogénicos y valles en rift.

b. **Provincia geomorfológica** (escala. 1:1000.000 a 1:500.000): Son conjuntos de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Se diferencian y delimitan de acuerdo a sus características geológicas, morfológicas y geográficas. Se definen en términos tales como: cinturones montañosos, llanuras, peneplanicies, cordilleras y serranías.

c. **Región geomorfológica** (escala 1:250.000 a 1:500.000): Involucra a las geoformas relacionadas genética y geográficamente (génesis de los paisajes), y definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos y afectados por procesos morfodinámicos parecidos.

d. **Unidades geomorfológicas** (escala 1:50.000 a 1:100.000): Están definidas como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico construccional o destruccional (acumulación o erosión), típico de un ambiente geomorfológico particular. Corresponde a los elementos básicos que componen un paisaje o modelo geomorfológico, los cuales están definidos con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala y el proceso natural que lo conformó. Pueden identificar un área con un patrón de componentes.

e. **Subunidad geomorfológica** (escala 1:10.000 a 1:25.000): Esta categoría está definida fundamentalmente por contrastes morfológicos y morfométricos que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente, está definida por el contraste

[119] Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.

dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos.

f. **Componente o elemento geomorfológico** (escala 1:2000 a 1:10.000): Los componentes de terreno, son las unidades más pequeñas, uniformes en cuanto a forma del relieve, litología, suelo condición hidrológica, vegetación y procesos, pero una característica del terreno suele ser dominante. Así, suelen ser determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica, o por microrelieves asociados con una característica litológica

Con base en lo anterior y con el fin de generar el mapa geomorfológico, es importante primero identificar los ambientes morfogenéticos que han jugado un rol en la zona de estudio y posterior a eso empezar a identificar patrones de relieve que indiquen diferencias en morfoestructura, morfometría, y morfodinámica, con lo cual será posible empezar a dividir en regiones, unidades, subunidades y componentes.

2.3.4 Cartografía geomorfológica

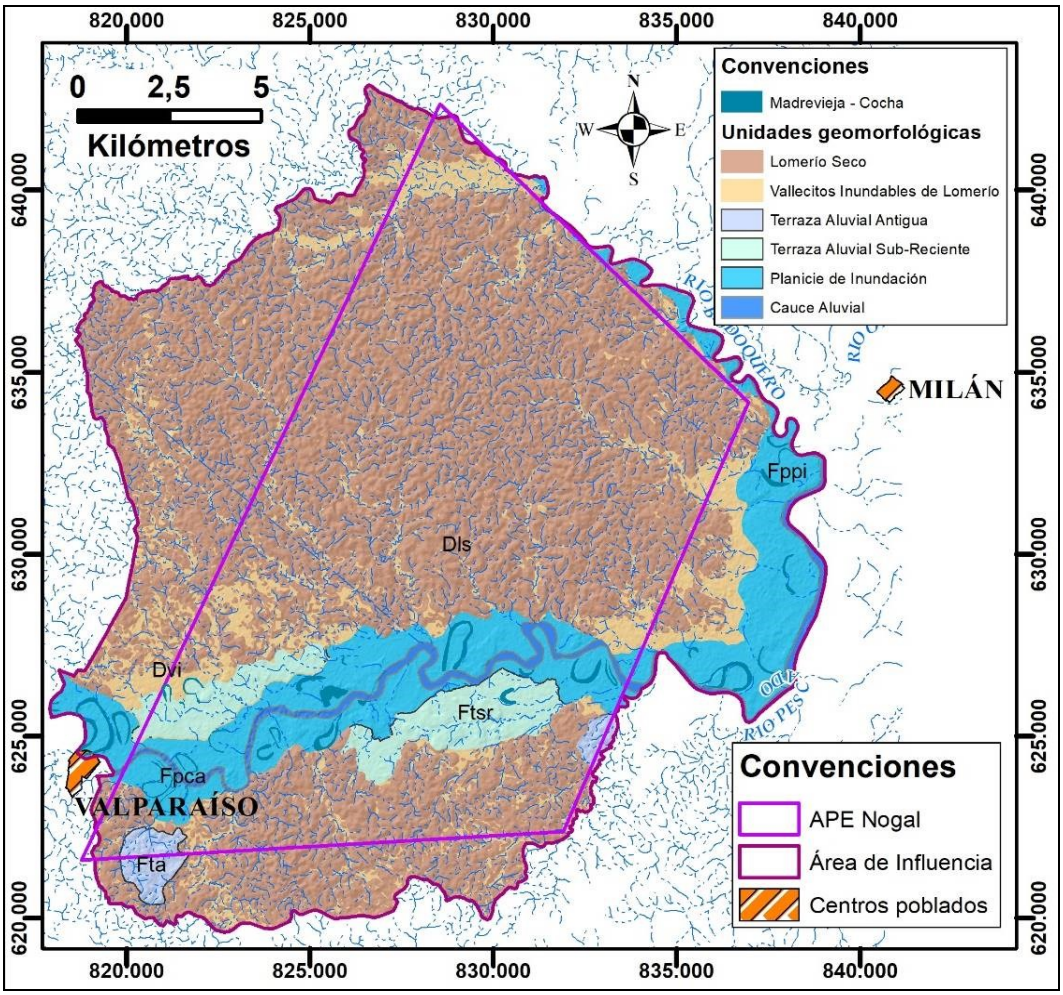


FIGURA 84. MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA APE EL NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

El área de estudio se ubica sobre un paisaje suavizado compuesto principalmente por lomeríos y colinas de origen denudacional, drenados por ríos meandriformes y con una amplia llanura de divagación, así como quebradas en las que su dinámica aluvial se asemeja más a cuerpos lénticos que lóticos debido a las bajas pendientes.

Regionalmente, la zona de estudio se ubica dentro de la morfoestructura llamada Planicies Intra-cratónicas y en la provincia de Peniplanicies de la Amazonía.

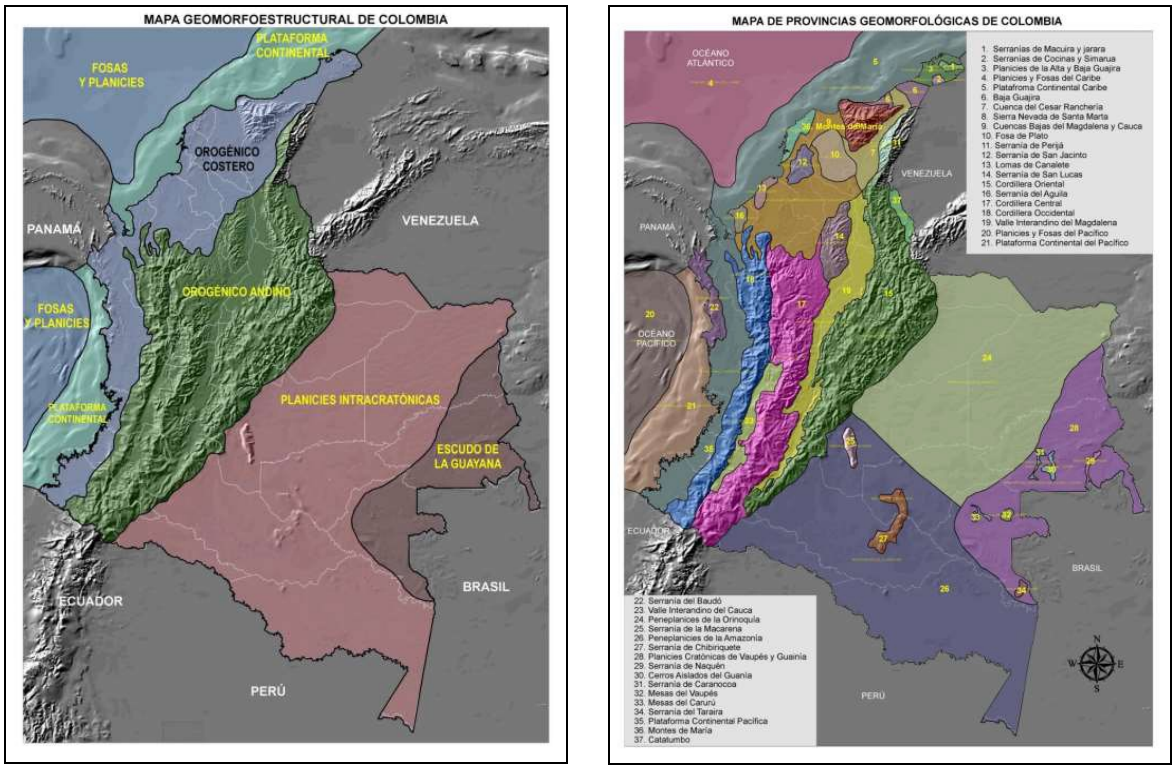


FIGURA 85. MAPA GEOMORFOESTRUCTURAL Y DE PROVINCIAS GEOMORFOLÓGICAS DE COLOMBIA. FUENTE: MODIFICADO DE SGC, 1972[120].

De manera local, y de acuerdo con la metodología de Carvajal Perico, (2012)[121], se presentan dos ambientes morfogenéticos, dando lugar a dos regiones geomorfológicas: Denudacional y Fluvial.

[120] SGC, 1972., Provincias geomorfológicas de Colombia. Mapa.
[121] Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.

TABLA 12. GEOMORFOESTRUCTURAS, PROVINCIAS, REGIONES, UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL APE EL NOGAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

GEOMORFO - ESTRUCTURA	PROVINCIA GEOMORFOLÓGICA	REGIÓN (AMBIENTE GEOMORFOLÓGICO	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	ÁREA DE INFLUENCIA		APE NOGAL	
					ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Planicies intracratónicas	Peniplanicies de la Amazonía	Denudacional (D)	Lomerío Residual (Dlr)	Lomerío seco(Dlrs)	17.479	55	11.737	58
				Vallecitos inundables del lomerío (Dvi)	7.316	23	4.150	21
		Fluvial (F)	Planicie Aluvial (Fp)	Cauce aluvial (Fpca)	602	2	358	2
				Planicie de inundación (Fppi)	4.420	14	2.451	12
			Terrazas aluviales (Ft)	Terraza aluvial sub-reciente (Ftsr)	1.403	4	1.354	7
				Terraza aluvial antigua (Fta)	376	1	186	1
TOTAL					31.597	100	20.236	100

Todo lo anterior se describe a continuación:

2.3.4.1 Región geomorfológica de ambiente Denudacional (D)

Se incluyen las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos.

En la zona de estudio se encuentran asociadas particularmente a procesos antiguos de erosión hídrica concentrada sobre unidades geológicas con disposición estructural horizontal que conforman plataformas antiguas que actualmente están erosionadas.

Unidad geomorfológica de Lomerío (Dl)

Se encuentran entre las planicies aluviales de los ríos Pescado y Bodoquero y constituye la mayor parte del área de estudio. Corresponden a antiguas plataformas que presentan diferentes grados de disección dada la ocurrencia de procesos erosivos. El drenaje presenta un patrón dendrítico.



FOTOGRAFÍA 79. VISTA AÉREA DEL LOMERÍO CAQUETENSE

Entre los drenajes aparecen los interfluvios agudos (y densos) formando un paisaje de lomeríos bajos. La pendiente general es inferior a 14°; sin embargo, este valor no incluye los valores de pendientes fuertes entre los interfluvios y los ejes de drenaje. Las alturas promedio de las lomas son de 30 metros respecto a los interfluvios.

Las Lomas o interfluvios, corresponden a la subunidad de Lomerío seco y las zonas de drenaje dendrítico corresponden a la subunidad de Vallecitos inundables.

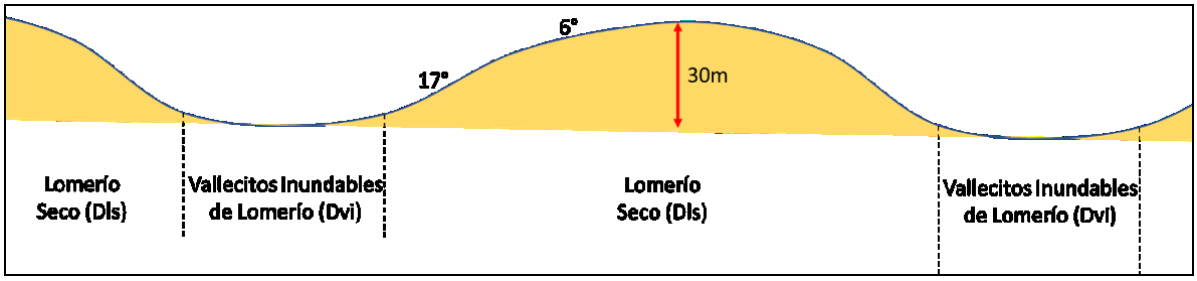


FIGURA 86. PERFIL ESQUEMÁTICO DE LA UNIDAD LOMERÍO Y SUS DOS SUBUNIDADES LOMERÍO SECO Y VALLECITOS INUNDABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS TOMADOS EN CAMPO CON NIVEL ABNEY.

Los procesos dominantes son la disección (erosión hídrica concentrada) y la erosión laminar o difusa. En algunas laderas potrerizadas se observan deslizamientos a lo largo de la interfaz suelo residual / roca poco alterada, ubicados en la parte más baja de las laderas.

Subunidad geomorfológica de Lomerío Seco (Dlrs)

Corresponde a geoformas con perfil de ladera recta a convexa, con cimas subredondeadas a agudas y laderas rectas a escalonadas, con pendientes variables de 17° cerca a los cursos de agua hasta 6° en cercanía a las cimas. Algunas lomas presentan pendientes de hasta 36° de inclinación en sus partes alta.

Se componen de lodolitas rojas con delgadas intercalaciones de arenitas y conglomerados, pertenecientes las rocas del Grupo Orito y sus productos de intemperización.



FOTOGRAFÍA 80. VISTA AÉREA DEL LOMERÍO RESIDUAL Y ASPECTO EN CAMPO DEL LOMERÍO RESIDUAL SECO.

Subunidad geomorfológica de Vallecitos inundables del lomerío (Dvii)

Se ubica en los valles entre los lomeríos, en forma de "V", con fondos planos y amplios. Se encuentra cubierta por vegetación y permanentemente inundada. En algunos de estos bajos el material permite un drenaje fácil del agua con lo cual se forman quebradas, pero también hay bajos con material más lodoso que dificulta el drenaje con lo cual se tienen cuerpos lénticos (espejos de agua), pantanos y chuquiales permanentemente encharcados.

Está compuesta por suelos residuales del Grupo Orito, que en muchas ocasiones se encuentran cubiertos por depósitos con textura arcillosa a arenosa, provenientes del arrastre por los cuerpos de agua (ver siguiente fotografía).









FOTOGRAFÍA 81. ASPECTO EN CAMPO DEL LOMERÍO SECO Y LOS BAJOS CORRESPONDIENTES A VALLECITOS INUNDABLES.

2.3.4.2 Región geomorfológica de ambiente Fluvial (F)

Corresponde a las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de agua y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de mucha lluvia, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

Este ambiente está constituido principalmente por las geoformas desarrolladas por los cauces de los ríos Bodoquero, Orteguaza y Pescadero, que presentan patrones meándrico como son el cauce actual (unicanal), un plano de inundación, uno o varios niveles de terrazas, migración de cauces, alta sinuosidad (mayor de 1,5) y muy baja pendiente (menos de 1 por mil).

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas de origen fluvial encontradas en la zona de estudio.

Unidad geomorfológica de Planicie Aluvial (Fp)

Dicha unidad comprende la planicie de inundación y el cauce aluvial de los ríos Pescado, Bodoquero y Orteguaza como se describe a continuación.

Subunidad geomorfológica Cauce Aluvial (Fpca)

De acuerdo con Villota, 1991[122], Los cauces son canales de forma irregular excavados por erosión de las corrientes perennes o estacionales sobre macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Cuando las corrientes fluyen en zonas semiplanas a planas (llanura aluvial), los cauces son de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo.

[122] Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.



FOTOGRAFÍA 82. CAUCE ACTUAL DEL RÍO PESCADO

En la zona de estudio se encuentran los cauces de tres ríos: Pescado, Bodoquero y Orteguaza. Son ríos meándricos con sinuosidades mayores a 1,5, con una dinámica variable, cuyo caudal varía según la época del año, causando desbordamiento en las épocas de lluvia y cubriendo la planicie inundable. Presentan una pendiente longitudinal menor al 1 por mil y están limitados por escarpes con una altura de 1 a 2 metros en época de bajos caudales. (Ver fotografía anterior).

Subunidad geomorfológica Planicie de Inundación (Fppi)

Es una superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Su depósito está constituido por sedimentos finos originados durante eventos de inundación fluvial (Villota, 1991)[123].

Para la zona de estudio, corresponde a una geoforma de topografía suavizada a plana, con ocasionales superficies plano-cóncavas presentes en las márgenes de los ríos Pescado, Bodoquero y Orteguaza, con una extensión lateral de 3750 m y alturas de 1 a 2 metros sobre el nivel del río en época seca. Debido al carácter meandriforme de los ríos, sobre esta unidad ocurren procesos de acumulación de material cuando el río se desborda y socavación sobre el escarpe que limita la planicie de inundación del cauce. (Ver siguiente fotografía). Se encuentra limitada por las terrazas aluviales o los lomeríos.

Está compuesta por los depósitos aluviales del río Pescado y Bodoquero con texturas limosas y arenosas.

Presenta la mayoría de los meandros abandonados y se pueden identificar orillares o marcas de la divagación del río en las fotografías aéreas. Debido a la escala de trabajo dichas geoformas no son cartografiables, sin embargo, se considera importante mencionarlas.

Los orillares constituyen una geoforma cóncavo-convexa, alargada y curvada a modo de patrones de surcos y camellones de diversa amplitud y desnivel, que se forma en la orilla interna de los meandros. Después de una inundación, las áreas cóncavas suelen quedar cubiertas con aguas estancadas, comunicándoles el aspecto de pantanos estrechos y alargados. Cuando hay muchos orillares se denominan complejos de orillares. Estos

[123] Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

están en la categoría de microrelieve. Se identifican fácilmente en fotos aéreas, y pueden identificarse en imágenes satelitales dado el contraste tonal de los surcos y camellones (Villota, 1991)[124].

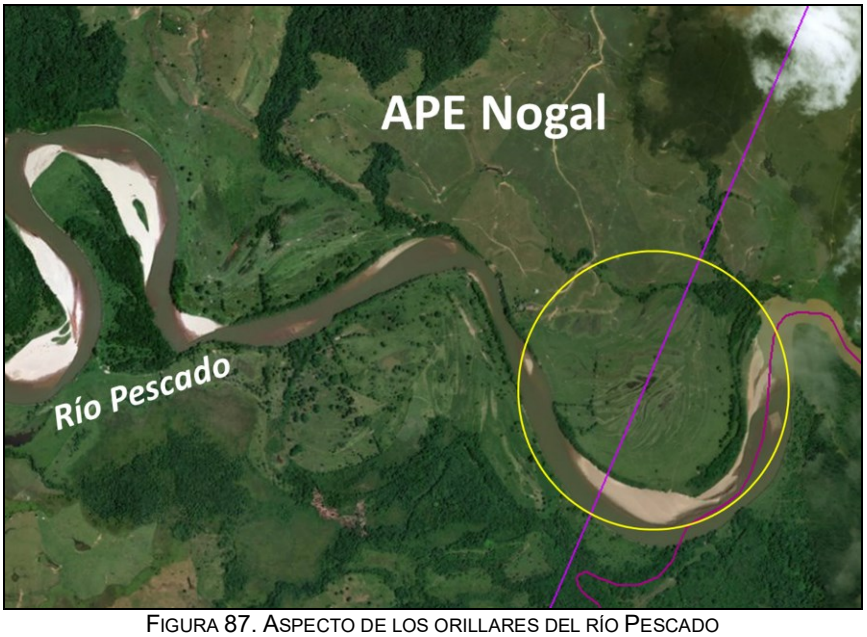


FIGURA 87. ASPECTO DE LOS ORILLARES DEL RÍO PESCADO

Los meandros abandonados o madreviejas, comprenden tramos del lecho de un río, correspondientes a una curva de meandro que fue cortada por el movimiento del río, erodando la parte externa de las curvas y depositando en la interna. Recién cortados, los meandros tienen agua, constituyendo entonces lagunas, sin embargo, tras sucesivas inundaciones se van llenando de sedimentos convirtiéndose en pantanos y posteriormente en meandros colmatados (Villota, 1991).



FOTOGRAFÍA 83. ASPECTO EN CAMPO DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN. NÓTESE EL DESNIVEL DE 1 METRO DE ALTURA APROXIMADAMENTE.

[124] Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

Unidad geomorfológica de Terrazas aluviales (Ft)

Se ubican junto a la planicie aluvial del río Pescado, con una inclinación de 1° y alturas de 12m sobre el nivel del río.

Subunidad geomorfológica Terraza aluvial subrreciente (Ftsr)

Superficie plana a suavemente inclinada, remanente de terrazas subrecientes de morfología ondulada, disectadas, localmente basculadas, con inclinaciones entre 3° a 5°, aunque algunos sectores pueden alcanzar los 10°. Su origen es relacionado a la ampliación del valle de un río al ganar importancia la erosión en sus márgenes. La superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que define la terraza. Pueden estar cubiertas por suelos arcillosos fluviales (Villota, 1991)[125].



FIGURA 88. ASPECTO EN CAMPO DE LA TERRAZA ALUVIAL SUB-RECIENTE.
NÓTESE SU MORFOLOGÍA PLANA EN SU PARTE MÁS ALTA Y LA ALTARA SOBRE EL NIVEL ACTUAL DEL RÍO.

Para la zona de estudio, estas terrazas se encuentran a lo largo de la llanura inundable del río Pescado, están limitadas por escarpes de 6 metros a 12 metros de altura, y presentan meandros abandonados en su tope. Su depósito está constituido principalmente por lodos.

Subunidad geomorfológica Terraza aluvial antigua (Fta)

Dichas terrazas tienen el mismo origen explicado por Villota, (1991) para la unidad Terraza Aluvial Sub-Reciente. Sin embargo, para la zona de estudio, dichas geoformas se encuentran endos sectores, al sur de Valparaíso y en la margen sur-occidental del río Pescado y Orteguaza, con alturas de aproximadamente 15 metros a 20 metros, con un estado de disección muy avanzado lo cual ha borrado cualquier evidencia de meandros abandonados y solo uno que otro remanente de su geoforma plana original.

[125] Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

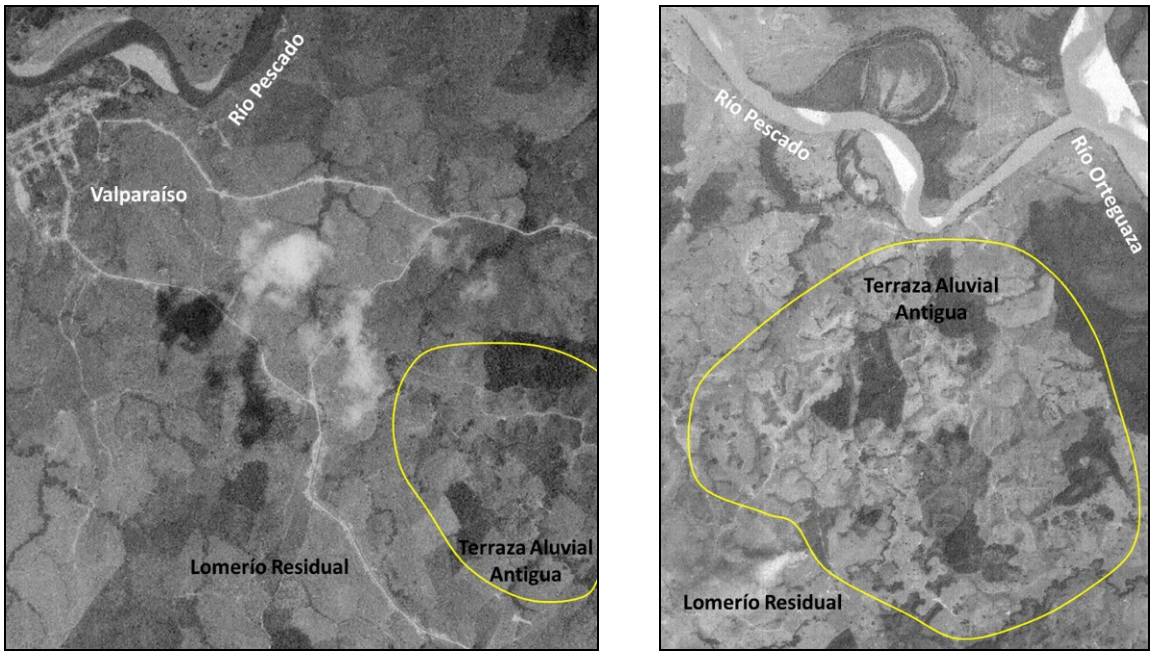


FIGURA 89. FOTOGRAFÍAS AÉREAS 050 DEL VUELO C-2180 Y 195 DEL VUELO C-2448 MOSTRANDO LA MORFOLOGÍA DE LA TERRAZA ALUVIAL ANTIGUA AL SUR DE VALPARAÍSO Y EN LA CONFLUENCIA DEL RÍO PESCADO Y RÍO ORTEGUAZA.

Morfodinámica

En este aparte se describen para la zona de estudio los procesos erosivos y de remoción en masa que modifican el relieve actual. A partir del trabajo de campo, la interpretación de fotografías aéreas y el análisis del modelo digital de elevación, se generó un inventario morfodinámico para el área de influencia del APE El Nogal. Las definiciones se basan principalmente en la clasificación de Varnes (1978)[126] con aportes de lo expuesto por Vargas C., (1999)[127]

En general los procesos erosivos y de remoción en masa se encuentran asociados a la unidad geomorfológica de Lomerío Residual. La mayoría de los procesos erosivos están asociados a los drenajes que transcurren por la Subunidad Lomerío Residual Inundable, mientras que los procesos de remoción en masa están asociados a las laderas de la unidad Lomerío Residual Seco.

Adicionalmente, se pudo constatar la fragilidad mencionada en el EIA en lo referente a estabilidad y susceptibilidad a la erosión, con la observación de abundantes procesos morfodinámicos, relacionados a la variación de humedad o a la acción de corrientes de agua (permanentes o intermitentes), tales como el desarrollo de surcos, cárcavas o deslizamientos.

[126] Varnes, D. J. (1978). Slope movement and types and processes. En N. A. Transportation Research Board, & R. S. Krisek (Ed.), Special Report. Landslides: Analysis and control. (Vol. 176, págs. 11-33).
[127] Vargas Cuervo, G. (1999). Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. Cooperación Colombo-Alemana. Proyecto Río Guatiquía (PRG).

2.3.4.3 Procesos erosivos

Se definen como el grupo de eventos por medio de los cuales el material rocoso o suelos son desprendidos o disueltos y removidos con influencia de agentes externos a lo largo de un eje lineal. Esto incluye el movimiento de partículas que arrancadas por el impacto de las gotas de lluvia son transportadas en un flujo superficial. (Varnes, 1978)[128].

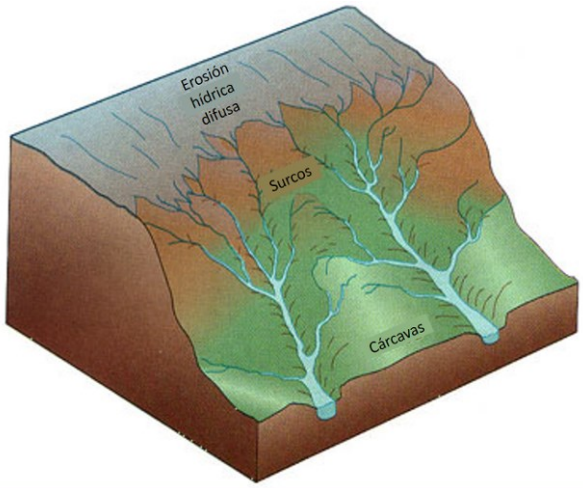


FIGURA 90. BLOQUEDIAGRAMA MOSTRANDO EROSIÓN HÍDRICA DIFUSA Y CONCENTRADA (SURCOS Y CÁRCAVAS). MODIFICADO DE RE LEE CONSERVATION, (2016)[129]

Erosión hídrica difusa

Se forma cuando el agua corre por la pendiente en forma de flujos minúsculos y discontinuos. Ocurre luego de un aguacero que sature la capacidad de absorción de suelo o roca. Si no existe una cobertura vegetal que actúe como disipador de energía hídrica, evoluciona a la forma de erosión concentrada (Varnes, 1978).

Este proceso ocurre en las zonas de estudio en donde el carcavamiento está en estado incipiente, normalmente en la cabecera del mismo.

Ocurre en los suelos residuales del Grupo Orito, sobre la unidad Lomerío seco, en laderas con pendientes de 6° a 20° de inclinación y cobertura vegetal compuesta por pastos limpios, arbolados, y enmalezados

[128] Varnes, D. J. (1978). Slope movement and types and processes. En N. A. Transportation Research Board, & R. S. Krisek (Ed.), Special Report. Landslides: Analysis and control. (Vol. 176, págs. 11-33).
[129] RE LEE Conservation, 2016, Robert E. Lee Soild & water Conservation District. http://releeconservation.com/erosion-control/





FOTOGRAFÍA 84. ZONA DE EROSIÓN HÍDRICA DIFUSA EN CONJUNTO CON CARCAVAMIENTO INCIPIENTE.

Erosión hídrica concentrada

El carcavamiento es el proceso de erosión hídrica concentrada en estado avanzado de desarrollo, que forma canales de grandes dimensiones llamados cárcavas. Las cárcavas varían en dimensiones (ancho, largo y profundidad) dependiendo del tipo de material erosionado, la pendiente y la energía de arrastre de la corriente.

El carcavamiento incipiente se refiere al proceso erosivo de cárcavas de menor tamaño e inclusive áreas con presencia de surcos y zanjones que suponen una etapa temprana en la formación de las cárcavas propiamente dichas. Al avanzar el proceso de erosión ocurre principalmente la profundización de los canales y en menor proporción la ampliación lateral de los mismos. En este estado, las cárcavas son fácilmente identificables y están asociadas por lo general a corrientes naturales. Este estado de desarrollo de la erosión hídrica es la que se ha denominado como carcavamiento profundo.

Para la zona de estudio, este proceso fue evidenciado en la parte baja de las laderas de la subunidad Lomerío seco. En algunos sectores el proceso de carcavamiento ya ha llegado a un punto de equilibrio y el lecho de la cárcava se configura como la subunidad Vallecito inundable.



FOTOGRAFÍA 85. ASPECTO DE LA EROSIÓN HÍDRICA CONCENTRADA EN CAMPO. A LA IZQUIERDA, CÁRCAVAS EN ENJAMBRE, A LA DERECHO, ENTALLAMIENTO DE CÁRCAVA EN SUELOS RESIDUALES.

Ocurre en los suelos residuales del Grupo Orito, en laderas con pendientes de 12° a 20° con una cobertura vegetal pastos limpios, arbolados, y enmalezados.

2.3.4.4 Movimientos en masa

En el área de estudio ocurren diferentes tipos de procesos de remoción en masa. La clasificación de este tipo de movimientos se basa en Varnes (1978)[130], y a continuación se enuncian del más lento al más rápido, las tipologías de movimiento presentes en la zona de estudio.

Reptación

Es el movimiento lento e imperceptible del material (roca o suelo) pendiente abajo, bajo la influencia de la gravedad. La reptación de suelos es una forma de remoción en masa que puede actuar sobre toda una ladera. Incluye el movimiento de suelos como fluido viscoso o plástico (Chorley et al., 1984).[131] En este proceso, no hay una superficie de falla definida.

La reptación se manifiesta como desplazamiento muy lento de la parte superficial del terreno, aún en taludes de pendiente moderada y con cobertura vegetal. El fenómeno puede pasar inadvertido puesto que tiene velocidad promedio cercana a 1 cm/año; puede ser prácticamente nulo en algunos períodos, por ejemplo, en veranos prolongados y activarse en tiempo lluvioso hasta 5 cm/año, según el tipo de material que conforma la ladera. El movimiento se evidencia por la deformación del terreno, la formación de pliegues en las formaciones rocosas o de arrugas y escalones en las masas de suelo, la inclinación de árboles, separación del suelo en el contacto con grandes rocas y la migración de estas.

[130] Varnes, D. (1978). Slope movement and types and processes. En R. S. Krisek. (Ed.), Special report 176. Landslides: Analysis and control. (págs. 11-33). Washington: Transportation Research Board - National Academy of Science.
[131] Richard J. Chorley, Antony J. Dunn, Robert Percy Beckinsale (1984). The History of the Study of Landforms: Quaternary and recent processes and forms (1890-1965) and the mid-century revolutions. Geological Society of London.

Para la zona de estudio, la combinación de terrenos con morfologías entalladas, con formas alargadas con pendiente entre inclinadas y moderadamente inclinadas (Vargas, 1999)[132], con posibilidad de recarga hidrogeológica y con suelos residuales arcillosos, son áreas de potencial ocurrencia de este tipo de procesos.

En la zona de estudio, este proceso se observa en las laderas de la subunidad Lomerío Residual Seco, especialmente en aquellas zonas con inclinaciones de 15° a 35°.Ocurre en los suelos residuales del Grupo Orito y una cobertura vegetal de pastos limpios, arbolados, y enmalezados

En la mayoría de los puntos donde estos fueron identificados, su relación directa con la generación de otro tipo de procesos como deslizamientos y reptaciones locales es evidente y en general es el tipo de proceso predominante en la unidad de Lomerío.



FOTOGRAFÍA 86. REPTACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA LOMA. NÓTESE COMO SE ASOCIA ESTE PROCESO DON DESLIZAMIENTOS Y CARCAVAMIENTOS.

Deslizamientos

El movimiento consiste de deformación por corte y desplazamiento, a lo largo de una o varias superficies que son visibles o pueden inferirse razonablemente, o dentro de una zona más o menos estrecha. La rotura del talud no siempre es simultánea en todos los puntos de la superficie de falla, sino que puede propagarse desde una zona de falla local. La masa afectada puede deslizarse más allá de la superficie original de rotura sobre el terreno natural.

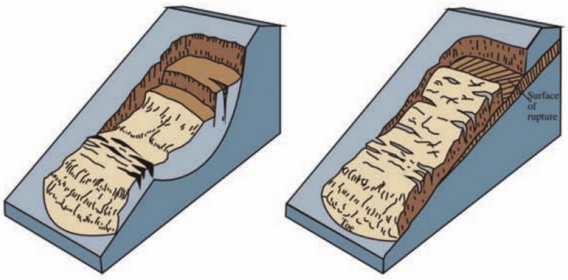


FIGURA 91 BLOQUEDIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE DESLIZAMIENTOS. FUENTE: USGS, (2004)[133]

[132] Vargas Cuervo, G. (1999). Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. Cooperación Colombo-Alemana. Proyecto Río Guatiquía (PRG).
[133] https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html

En la zona de estudio, estos procesos son superficiales y con desplazamientos muy pequeños de1 a 2 metros, siendo un estado avanzado de reptación. Generalmente ocurren en las partes bajas de las laderas, en donde las lomas del lomerío tienen su mayor inclinación.



FOTOGRAFÍA 87. ASPECTO DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Ocurre en los suelos residuales del Grupo Orito, con pendientes entre 10° y 15° y una cobertura vegetal de pastos limpios, arbolados, y enmalezados.

2.3.5 Inventario morfodinámico

A partir de la interpretación de fotografías aéreas, se identificaron procesos erosivos antiguos evidenciados por laderas cóncavas fuertemente disectadas. Estos procesos se observaron sobre la unidad geomorfológica Lomerío y en la Terraza Aluvial Antigua.

En total se evidencia una cantidad de 434 procesos.

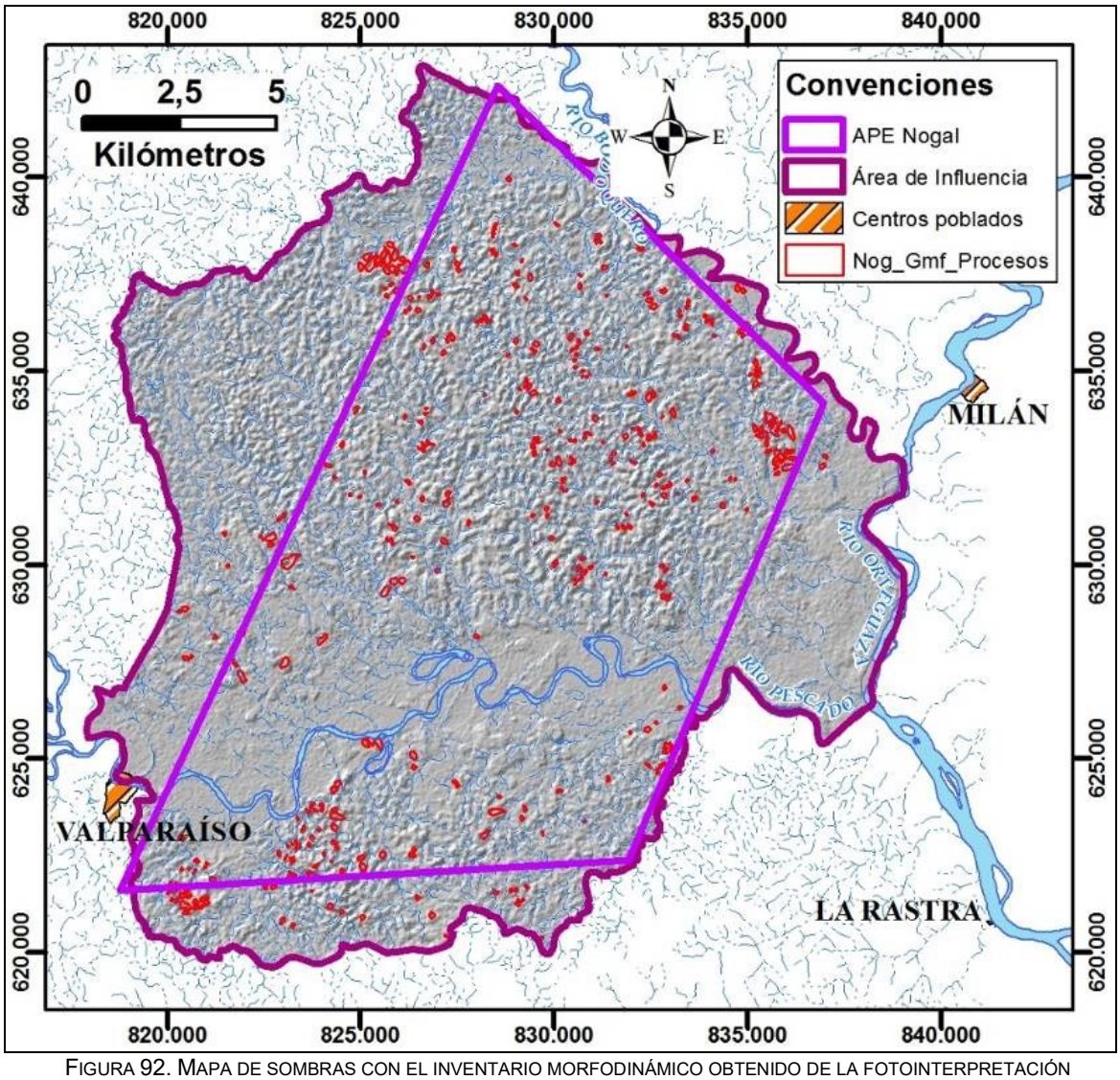


FIGURA 92. MAPA DE SOMBRAS CON EL INVENTARIO MORFODINÁMICO OBTENIDO DE LA FOTOINTERPRETACIÓN

2.3.5.1 *Análisis multitemporal de fotografías aéreas e imágenes satelitales*

Con el fin de realizar la descripción de los antecedentes históricos de los procesos denudacionales y dinámica fluvial en el sector de estudio, se recurrió a la consulta e interpretación de fotografías aéreas (Tabla 1). Esta tarea se centró en la ubicación del cauce aluvial de los ríos Bodoquero, Orteguaza y Pescado, así como la identificación de procesos erosivos y de remoción en masa. Los resultados se muestran a continuación.

1985

El río Pescado presenta numerosos meandros, algunos se encuentran abandonados sobre la planicie aluvial, unos pocos se encuentran en las terrazas sub recientes, la planicie aluvial es más extensa hacia el norte del río y se distingue fácilmente un nivel de terrazas con relieve suavemente ondulado con una textura lisa y también áreas con una topografía más disectada.

La planicie aluvial del río Bodoquero es más angosta que la del Río Pescado. Se observa parcelamiento a lo largo de los lomeríos, las terrazas y la planicie de inundación, en los valles de los lomeríos (zonas inundables) se distingue vegetación de bosque. Adicionalmente se tienen dos grados apreciables de disección en el lomerío residual, uno más fuerte que el otro. Se observan procesos erosivos antiguos en las laderas de los lomeríos generando superficies cóncavas y un relieve disectado.

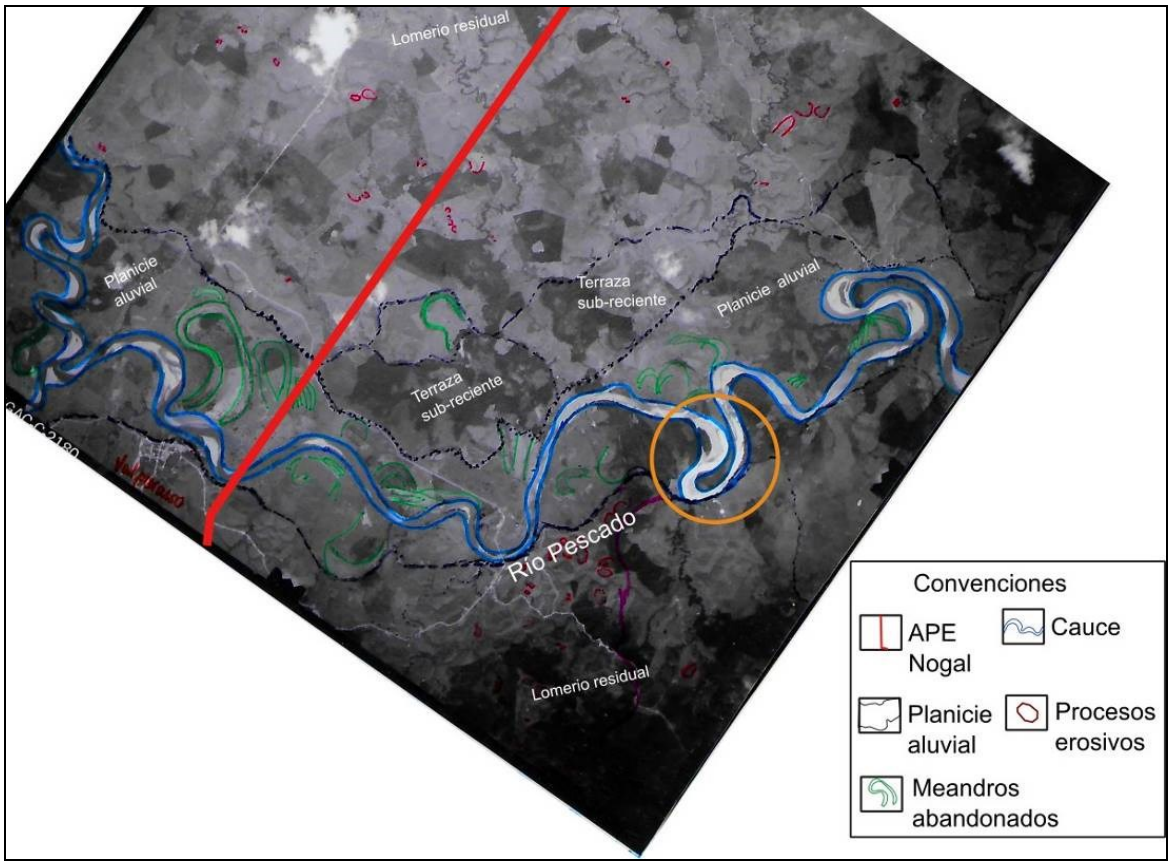


FIGURA 93. FOTOGRAFÍA AÉREA CORRESPONDIENTE AL AÑO 1985, VUELO C-2180, FOTO 48. NÓTESE UNA CONCENTRACIÓN DE PROCESOS EROSIVOS AL OCCIDENTE EN LA ZONA DE TERRAZA ALUVIAL ANTIGUA (FTA)

1992

La dinámica fluvial para el río Pescado no presenta cambios notables con respecto a 1985, se conserva el patrón general con algunos meandros abandonados sobre la planicie aluvial y unos pocos en las terrazas sub recientes. La planicie aluvial sigue siendo más extensa hacia el norte del río que se recuesta hacia el sur. Se observa parcelamiento a lo largo de los lomeríos, las terrazas y la planicie de inundación, en los valles de los lomeríos (zonas inundables) se distingue vegetación de bosque. Adicionalmente es evidente la disección en el lomerío residual donde se observan procesos erosivos antiguos en las laderas generando superficies cóncavas.

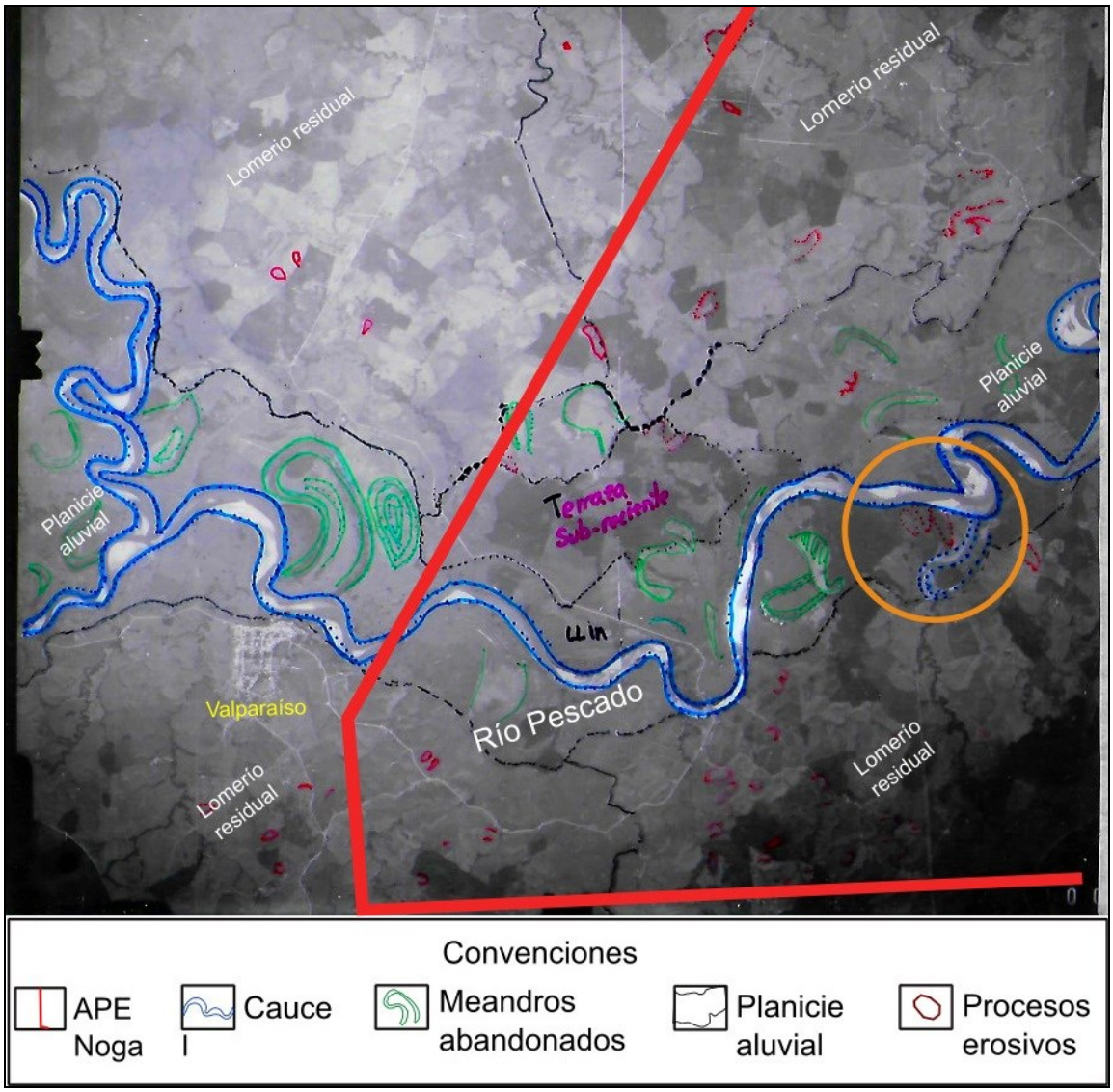


FIGURA 94. FOTOGRAFÍA AÉREA CORRESPONDIENTE AL AÑO 1991, VUELO C-2470 Y C-2448, FOTO 74 Y 195. SE OBSERVA LA EXTENSIÓN DE LA PLANICIE ALUVIAL EN EL RÍO PESCADO.

2013

La dinámica fluvial del río Pescado varía respecto a 1985 y 1992 muestra que el cauce sufrió un estrangulamiento en dos sectores haciéndose más recto. El río continúa recostado hacia el sur de su planicie aluvial y son evidentes los dos tipos de terrazas. La planicie aluvial del río Bodoquero continúa siendo más angosta que la del río Pescado. Se observa parcelamiento a lo largo de los lomeríos, las terrazas y la planicie de inundación, en los valles de los lomeríos (zonas inundables) se distingue vegetación de bosque.

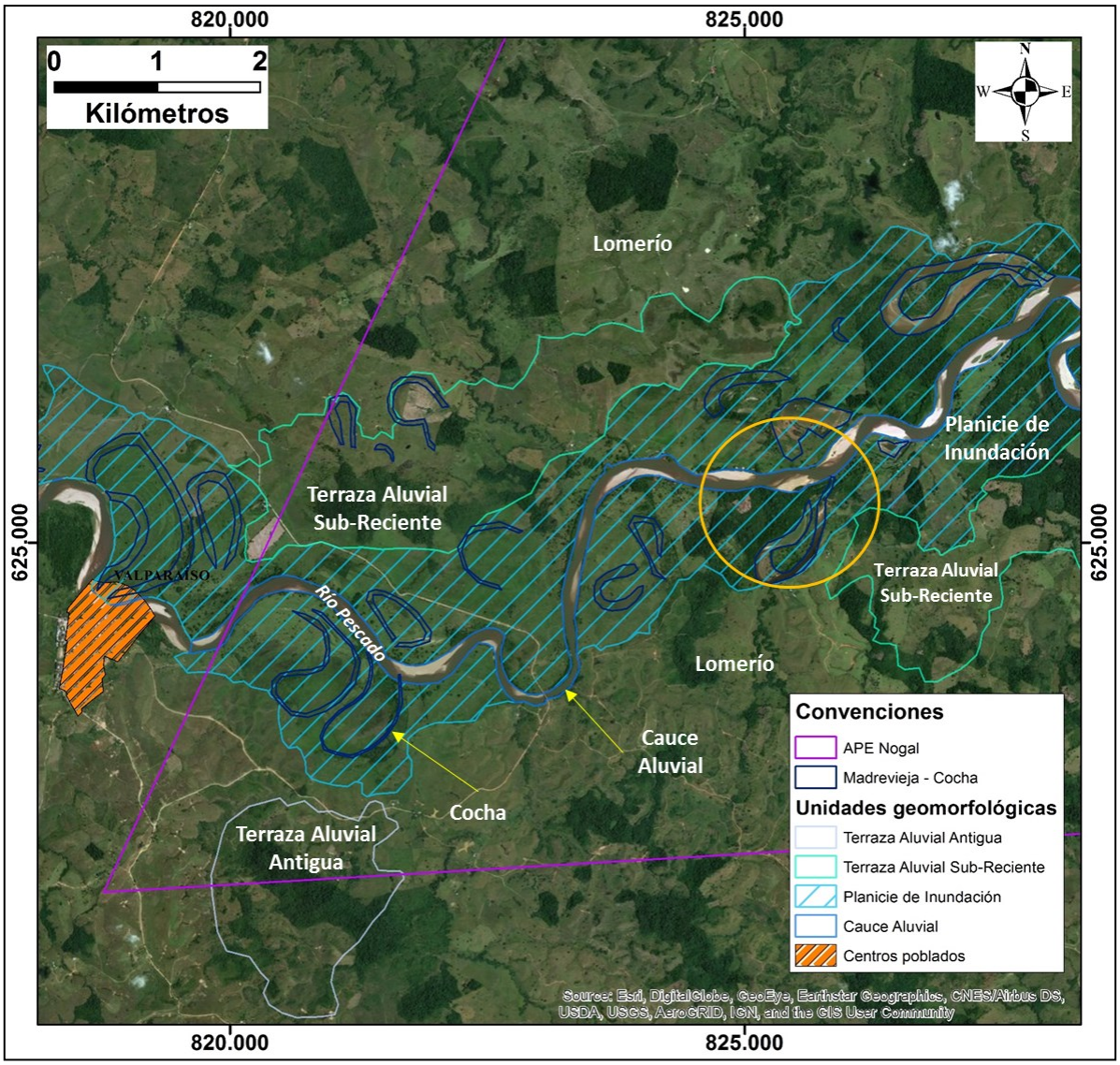


FIGURA 95. IMAGEN SATELITAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 2013, SE OBSERVA LA EXTENSIÓN DE LA PLANICIE ALUVIAL EN EL RÍO PESCADO.

Cambios principales

La siguiente imagen muestra los cambios en el cauce del río Pescado observados para los años 1985, 1991 y 2013. Se observa que para los puntos 1 y 2 ocurre un estrangulamiento de tres meandros del río, resultando en un cauce más recto para el

punto 1 en el 2013 (ver siguiente mapa). Se puede concluir que la divagación de los ríos es baja y el cauce es relativamente estable. La planicie aluvial y las terrazas no presentan cambios significativos.

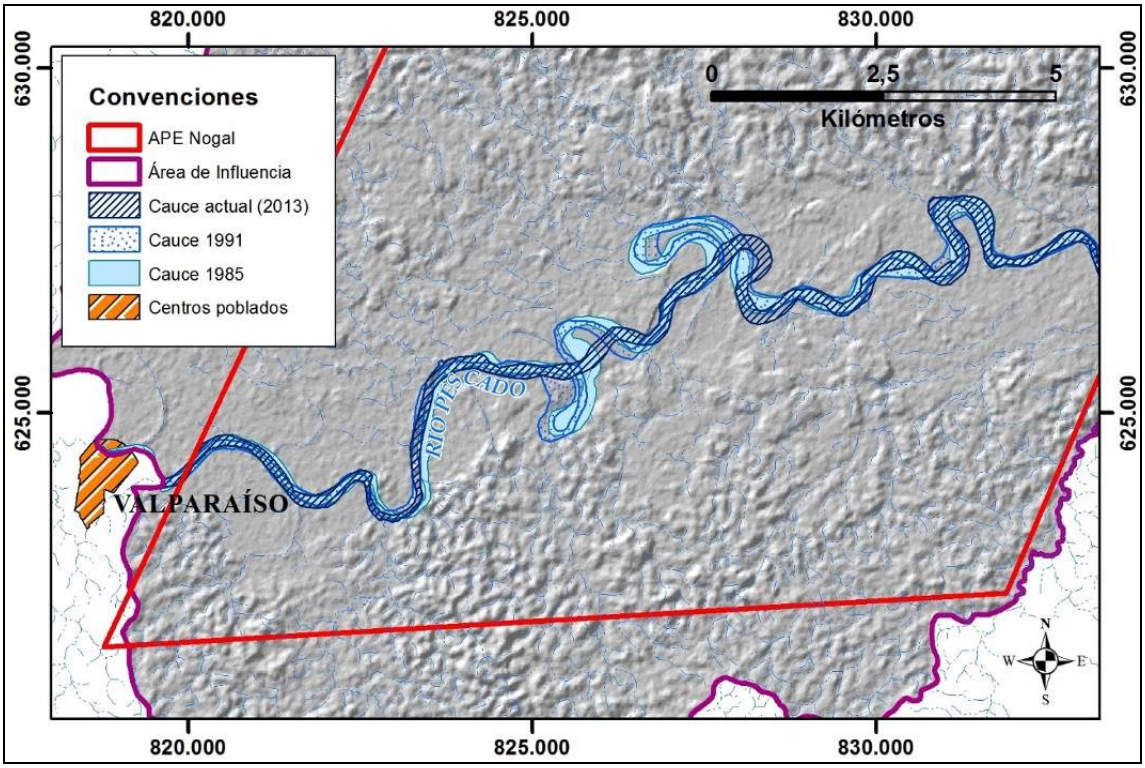


FIGURA 96. MAPA DE EVOLUCIÓN MULTITEMPORAL DEL CAUCE DEL RÍO PESCADO. ELABORACIÓN PROPIA.

2.3.6 Análisis de resultados

Para la zona de estudio, es evidente la relación de todas las geoformas con el agua, tales geoformas incluyen llanuras inundables, lomeríos inundables, cauces actuales y madreviejas (cochas) que tienen características de humedales, según lo reportado en la Ley 357 de 1997, aprobatoria de la Convención Ramsar, en donde se definen los humedales como "*Son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*".

La existencia de estos se debe a diferentes factores, así, para las zonas de los ríos Pescado, Bodoquero y Orteguaza, su existencia se debe a la dinámica propia de los ríos meándricos, en cambio en el área del lomerío deben su existencia a la interacción del nivel freáticos y la topografía, configurando a su vez zonas de nacimientos o manantiales.

Por lo anterior, es claro que la mayoría de unidades juegan un rol importante como zonas de acumulación de agua, lo cual da a pensar que también lo tienen en la infiltración de la misma y la respectiva recarga de acuíferos.

Según lo reportado por Fox, Bryan, & Price, (1997), la infiltración disminuye a medida que aumenta la pendiente, hasta alcanzar los 11 grados de inclinación, en donde la tasa de infiltración se vuelve constante en valores cercanos a los 7,5 mm/hora.

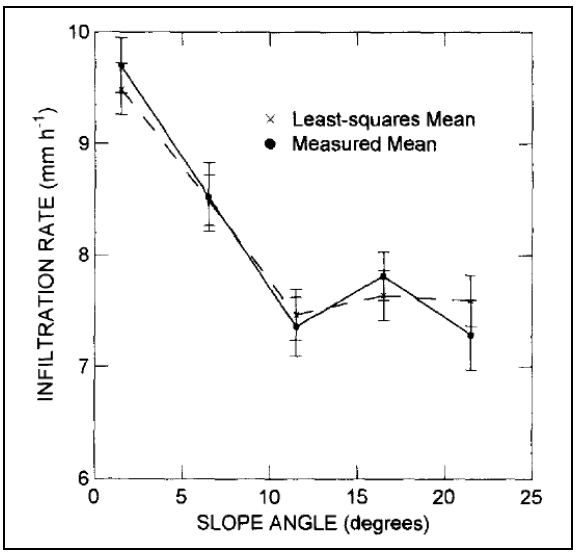


FIGURA 97. COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE INFILTRACIÓN CON LA INCLINACIÓN DE LA LADERA. FUENTE: FOX, BRYAN & PRICE, (1997)[134]

Esto permite plantear la hipótesis de trabajo en la que las unidades con pendientes entre 0˚ y 11˚ son las más susceptibles a la infiltración. Sin embargo, la geometría de la ladera juega un rol muy importante, pues si es una ladera convexa, el agua tiene a irse como escorrentía superficial, en cambio sí es cóncava favorece la acumulación y está en conjunto con pendientes menores a 11˚ son los requisitos para identificar aquellas zonas de importancia para la recarga de agua subterránea.

Para evaluar lo anterior, a partir del DEM se obtuvieron dos mapas. El primero corresponde a las zonas con pendientes de 0 ˚ a 11˚ grados, indicativo de las zonas que favorecen la infiltración. El segundo corresponde al mapa de curvatura, que indica que zonas con laderas cóncavas, convexas o rectas, indicando así las zonas que favorecen la acumulación del agua.

[134] Fox, D. M., Bryan, R. B., & Price, A. G. (1997). The influence of slope angle on final infiltration rate for interrill conditions. Geoderma(80), 181-194.

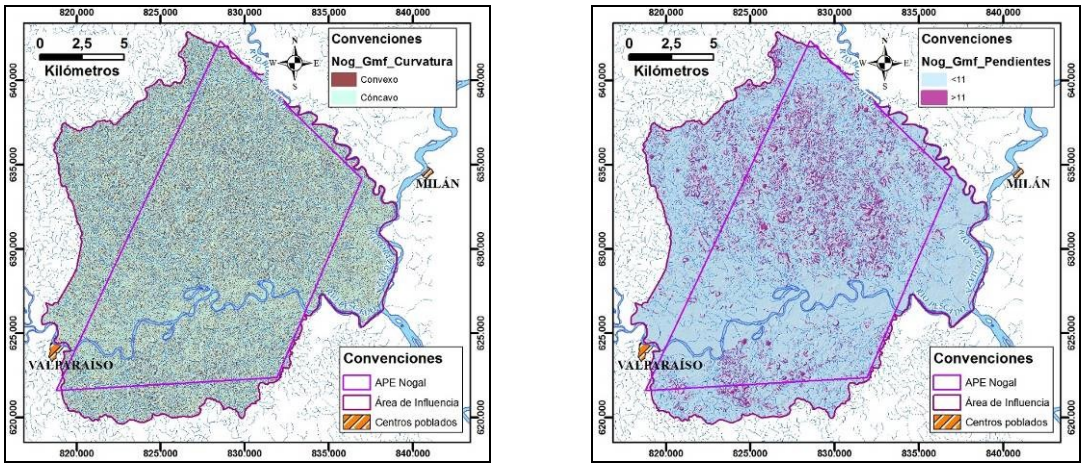


FIGURA 98. MAPAS DE CURVATURAS Y PENDIENTES CLASIFICADAS EN MAYOR O MENOR A 11 ˚.

Con el fin de poder analizar dicha información para cada unidad geomorfológica se calculó el área de la unidad que tiene pendientes menores a 11˚, y para estas áreas, cual es el porcentaje de laderas de geometría cóncava.

Al analizar solamente la inclinación de las pendientes y cuál es el área de cada unidad con pendientes menores a 11˚, se observa que todas las unidades tienen más del 80% de su área e zonas con pendientes menores a 11˚, indicando que todas las unidades favorecen la infiltración del agua.

TABLA 13. PORCENTAJE DE ÁREA DE CADA UNIDAD GEOMORFOLÓGICA CON PENDIENTES MENORES Y MAYORES A 11 ˚

Unidad Geomorfológica	Área en Ha			%	
	<11˚	>11˚	Total general	<11˚	>11˚
Cauce Aluvial	580	16	597	97,31	2,69
Lomerío Residual Inundable	7.292	22	7.314	99,70	0,30
Lomerío Residual Seco	14.300	3.170	17.469	81,86	18,14
Planicie de Inundación	4.386	33	4.418	99,26	0,74
Terraza Aluvial Antigua	316	59	375	84,17	15,83
Terraza Aluvial Sub-Reciente	1.371	32	1.403	97,73	2,27
Total general	28.245	3.331	31.576	89,45	10,55

Sin embargo, para que el agua se infiltre es necesario acumularla, por lo cual se analiza de esas zonas con pendientes menores a 11˚ tienen geometrías cóncavas.

TABLA 14. PORCENTAJE DE GEOMETRÍA DE LADERAS EN UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS CON PENDIENTES MENORES A 11º

Unidad Geomorfológica	Suma de área en m2			% de geometría de laderas en las unidad geomorfológicas con pendientes menores a 11˚	
	Cóncavo	Convexo	Total general	% Cóncavo	% Convexo
Cauce Aluvial	530	50	580	91,38	8,62
Vallecito Inundable	6.210	1.082	7.292	85,16	14,84

Unidad Geomorfológica	Suma de área en m2			% de geometría de laderas en las unidad geomorfológicas con pendientes menores a 11°	
	Cóncavo	Convexo	Total general	% Cóncavo	% Convexo
Lomerío Seco	11.286	3.014	14.300	78,92	21,08
Planicie de Inundación	3.692	694	4.386	84,18	15,82
Terraza Aluvial Antigua	254	62	316	80,48	19,52
Terraza Aluvial Sub-Reciente	1.141	230	1.371	83,22	16,78

Con lo anterior, se tiene que la principal unidad geomorfológica que favorece la acumulación e infiltración del agua es el Cauce Aluvial, seguido del lomerío residual inundable y la planicie de inundación. Luego le siguen en importancia la terraza aluvial sub-reciente, seguida de la terraza aluvial antigua y por último el Lomerío Residual Seco.

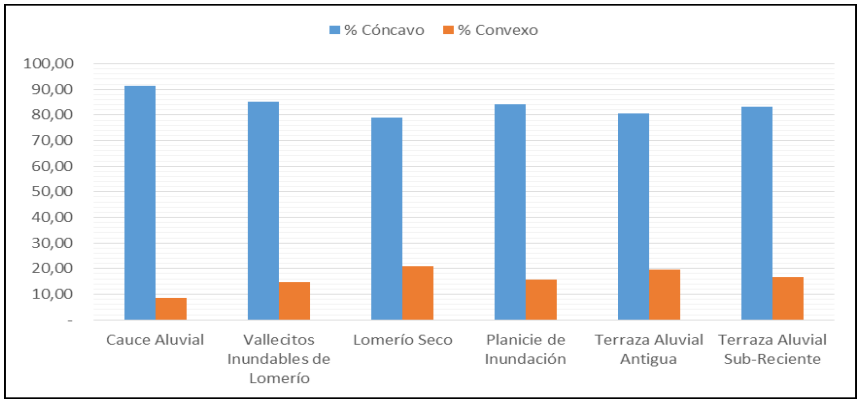


FIGURA 99. % DE GEOMETRÍA DE LADERAS EN LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS CON PENDIENTES MENORES A 11º

De acuerdo a los resultados obtenidos, y teniendo en cuenta lo reportado en el EIA, es claro que la omisión de la unidad Vallecito Inundable es muy grave, en tanto es de las unidades que más favorece la acumulación de agua superficial, y la infiltración y recarga de agua subterránea, y al no tenerla en cuenta a esta área se le está dando las mismas propiedades que al Lomerío Seco, que es de las menos importantes en estos aspectos.

Al comparar la capa de zonas inundables, obtenida de la interpretación de imágenes satelitales y el mapa de pendientes (tomando en cuenta solo las zonas con inclinaciones entre 0º y 4º), se observa que el 100% de las zonas inundables presentan la característica de ser zonas de laderas de geometría cóncava y por supuesto tener pendientes menores a 11º.

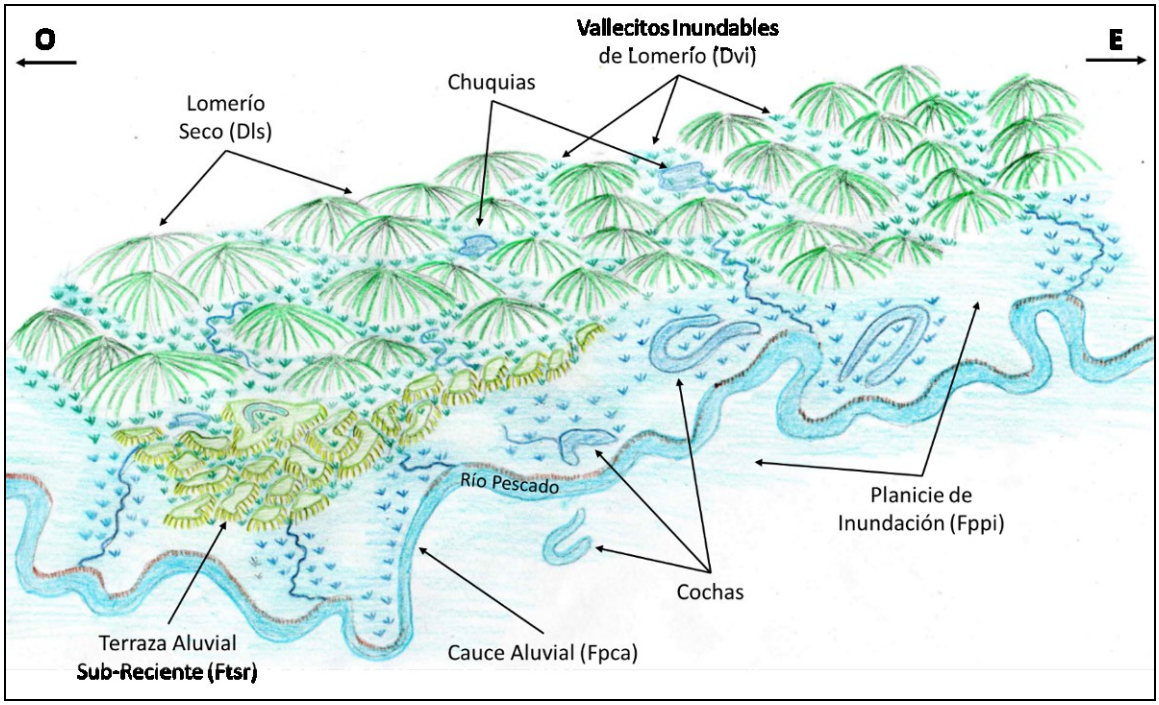


FIGURA 100. ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.4 Hidrología

2.4.1 Antecedentes.

Se parte del hecho que la información que se levantó en campo por esta consultoría está sujeta a un detalle o resolución temporal de un día aleatorio de un mes de agosto, por lo que la información recogida no es general y se justifica por tener implicaciones legales y generar conocimiento local de la dinámica fluvial de los cuerpos de agua de la zona de interés. Parte de la información no descrita en el EIA pero solicitada por el capítulo 7 de los Términos de Referencia menciona: "*En cuanto a los permisos, concesiones y autorizaciones para aprovechamiento de los recursos naturales, se debe presentar como mínimo la información requerida en los Formularios Únicos Nacionales, existentes para tal fin y lo establecido en la Resolución 1415 de 2012".*

Por otra parte para el estudio del componente hidrológico propiamente se solicita en el numeral 5.1.5 de los términos de referencia lo siguiente.

Identificar los sistemas lénticos y lóticos.

No obstante, esa información no se generó en cuanto a identificar los sistema lénticos, asumiéndose que en la zona solo existen cuerpos de agua de tipo lótico, lo cual se evidencia cuando el estudio solamente describe morfométricamente los cauces del río Pescado, Bodoquero, Orteguaza y Fraguachorros y con ello se generaliza esta dinámica de cuerpos de agua y sus ecosistemas loticos a toda la región o área de influencia del APE, desconociendo que el comportamiento y la dinámica de las quebradas Morrocoy, La Rochela y La Raicita son completamente diferentes puesto que como se detallará a lo largo de este capítulo, su comportamiento no corresponde únicamente a dinámicas de ecosistemas lóticos, sino que en algunos momentos del año se comportan como lénticas

en la parte baja de la cuenca, comportamiento que obedece a la topografía local y al régimen de caudales de los ríos Orteguaza, Pescado y Bodoquero.

Se desconoce también en los estudios ambientales de Emerald la complejidad local, donde las quebradas se recargan principalmente por el régimen de lluvias dentro de la cuenca y por la recarga que les generan las aguas subterráneas someras (y quizá profundas), configurando así un complejo sistema de humedales, quebradas y madreviejas, con lámina de agua durante todo el año, es decir estos cuerpos de agua son de características perennes, aun mientras en ningún lugar de sus cuencas exista un evento de precipitación.

Adicionalmente el EIA también debió describir los patrones de drenaje, el régimen hidrológico e identificar la dinámica fluvial de las fuentes que pueden ser afectadas por el proyecto, así como las posibles alteraciones de su régimen natural (relación temporal y espacial de inundaciones), pero esa descripción que no se encuentra en el documento para la escala de interés en las quebradas Morrocoy, La Rochela y La Raicita, entendiéndose que existe una necesidad de análisis en campo, que permita hacer un acercamiento principalmente a la compresión de la dinámica fluvial local.

Se procedió entonces en el mes de agosto del año 2017 a realizarse unos aforos por vadeo, a los puntos propuestos para captación de aguas superficiales por parte del EIA, dado que una correcta interpretación de las batimetrías y un análisis de las velocidades del cauce y pendiente del lecho, permiten resaltar dinámicas fluviales propias de la región y de los sitios con afectación directa.

Adicionalmente se realizaron recorridos a lo largo de las quebradas a afectar por el proyecto petrolero y a otras quebradas de interés para las comunidades presentes por sus servicios ecosistémicos, como La Cusumba (Vereda Bolivia y Paraíso) las madreviejas o cochas (Techo Rojo y El Diablo), el humedal Chuquia de Manuel entre otros cuerpos de agua que se describirán en mayor detalle.

2.4.2 Metodología.

2.4.2.1 Metodología de trabajo para recopilar Información primaria

El procedimiento en campo consiste en elegir una sección transversal del cuerpo de agua capaz de permitir una correcta toma de lecturas con un nivel topográfico, para lo que se hace indispensable la adecuación de la zona, retirando algunos rastrojos que dificulten la correcta mira y medición. Se utilizó un equipo de nivel y mira topográfica ref. TOP-CON X23568 / ATB4 con precisión de 2mm, magnificación 24X, imagen directa y un micromolinete RICKLY de eje vertical y contador de pulsos para la determinación de la velocidad del cauce, se procedió a realizarse cuatro aforos por vadeo.



FOTOGRAFÍA 88. LECTURA DE NIVELES TOPOGRÁFICOS



FOTOGRAFÍA 89. LECTURA DE NIVELES TOPOGRÁFICOS QUEBRADA LA RAICITA

QUEBRADA LA ROCHELA.

2.4.2.2 Metodología de trabajo para recopilar Información secundaria

El procedimiento para clasificar y elegir información secundaria, principalmente se hace escogiendo las fuentes de la información disponible, contándose con series de registros de datos hidrometeorológicos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el uso de imágenes satelitales disponibles en el *software* Google Earth Pro.

2.4.3 Hidrografía

El APE El Nogal ubicado en el departamento del Caquetá entre los municipios de Morelia, Valparaíso y Milán entre las latitudes 1°10' - 1°22'N y longitudes 75°32' - 75°42'W, Hidrográficamente está influenciado por tres ríos (Orteguaza, Pescado y Bodoquero) en orden de capacidad de transporte de caudales líquidos y por un complejo sistema de cuerpos de agua que a su vez funcionan como zonas de amortiguación de crecientes de estos tres grandes ríos y un sistema local compuesto por cuerpos de agua con características ambientales de cuerpos tanto lóticos como lénticos, donde estos últimos incluyen cuerpos de agua con características de aguas aparentemente quietas o estancadas y quebradas con pendientes bajas. Actualmente en la zona se pueden identificar alrededor de 9 quebradas, 5 meandros abandonados, (madreviejas o cochas) y 62 humedales entre chuquias y bosque inundado-Cananguchal, con áreas de cobertura de hasta 574,3ha con área media de 25,08ha.[135]

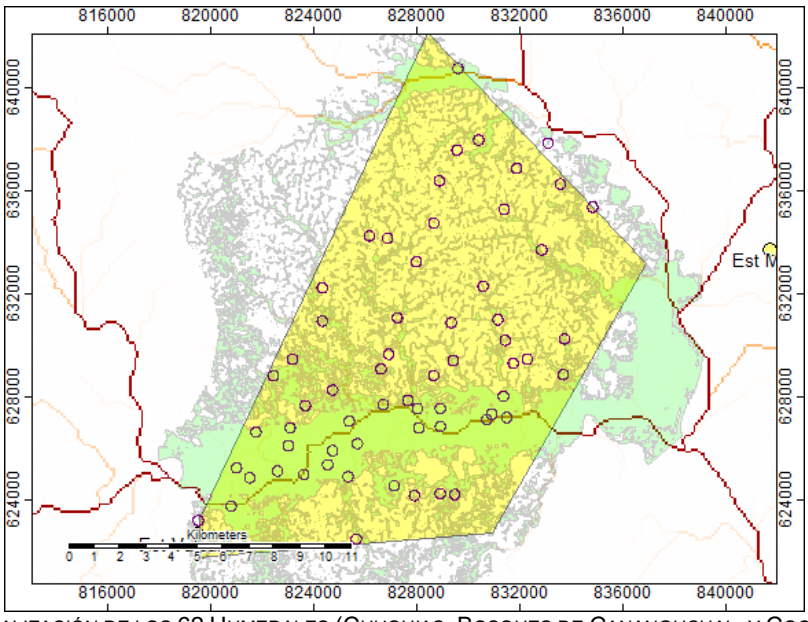


FIGURA 101. LOCALIZACIÓN DE LOS 62 HUMEDALES (CHUQUIAS, BOSQUES DE CANANGUCHAL, Y COCHAS O MEANDROS EN ABANDONO)
TOMADO DEL ESTUDIO "*WETLAND HABITAT DIVERSITY IN THE AMAZONIAN PIEDMONT OF COLOMBIA.2012*" CON RESPECTO AL APE EL NOGAL.

[135] Luisa Fernanda Ricaurte & Jukka Jokela & Auberto Siqueira &Marcela Núñez-Avellaneda & Cesar Marin &Alexander Velázquez-Valencia & Karl Matthias Wantzen, *Wetland Habitat Diversity in the Amazonian Piedmont of Colombia, 2 November 2012.*

ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Estos cuerpos de agua locales son frágiles ya que dependen de los niveles de la corriente agua de los tres grandes ríos a lo largo del año, los cuales no obedecen únicamente al ciclo hidrológico[136] local del APE, pues sus tributarios o afluentes corresponden a cuencas de áreas mucho mayores y distantes al área o región de estudio, generando represamientos y remansos en las quebradas y drenajes locales que dan origen a inundaciones o desbordamientos de agua de su cauce principal y logran recargar o desbordar aguas en humedales y chuquias en ciertas épocas del año como entre el período abril-julio.

El trabajo de campo en el marco del presente estudio evidenció que para el mes de agosto de 2017 que el nivel del río Pescado en las cercanías al pozo estratigráfico existente de la compañía Emerald Energy (coordenadas Magna sirgas Datum Bogotá X=829673, Y=626674) se encontraba alrededor de 2,3m por debajo de su nivel de máximas ordinarias y 3,7m por debajo de su nivel de máximas extraordinarias, aclarándose que el nivel de máximas ordinarias se relaciona con los caudales a banca llena o caudales formativos, los cuales son capaces de viajar a las máximas velocidades del cauce antes de rebasar el nivel de la banca lateral y empezar procesos de inundación.

Existen también referencias de estos niveles en la investigación de Ricaurte et al (2012) donde para un punto referenciado a la estación limnimétrica IDEAM-Milán sobre el cauce del río Orteguaza (X=841672, Y=633716), aledaño a la zona de influencia, se encuentra que la variación máxima ordinaria de estos niveles está alrededor a 2,5 m entre los meses de enero (estiaje) y julio (invierno).

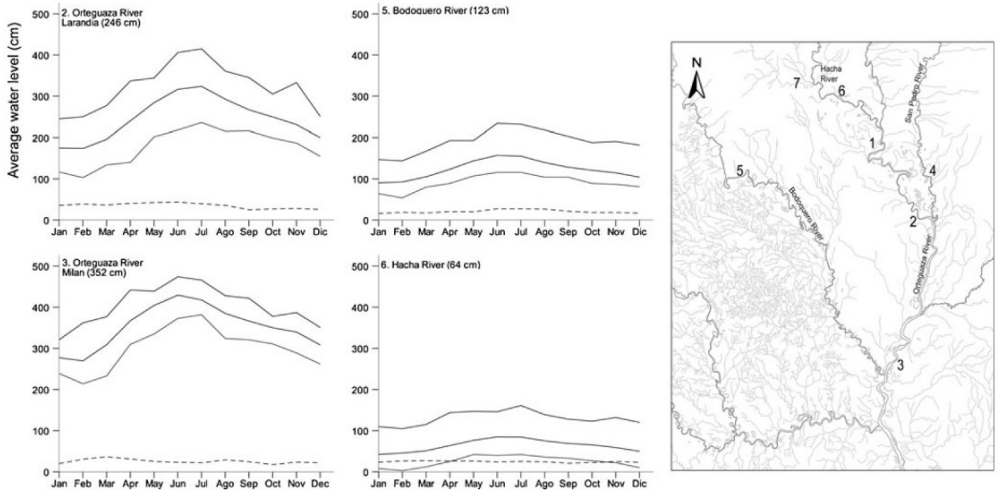


FIGURA 102. NIVEL MEDIO DE LOS RÍOS PRINCIPALES DE LA REGIÓN A LO LARGO DEL AÑO
TOMADO DEL ESTUDIO "*WETLAND HABITAT DIVERSITY IN THE AMAZONIAN PIEDMONT OF COLOMBIA.2012*"
FUENTE RICAURTE, ET AL. (2012)

[136] Es el proceso por el cual circula el agua por la por la hidrosfera o superficie del planeta (evaporación, precipitación, infiltración, escorrentía, almacenaje, evaporación)



FOTOGRAFÍA 90. BOCA DE LA COCHA "EL DIABLO" RÍO PESCADO
SE APRECIA ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES ≈2,30M, VEREDA LA REFORMA (2017)



FOTOGRAFÍA 91. BOCA DE AFLUENTE DE PRIMER ORDEN DEL RÍO PESCADO
SE APRECIA ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES ≈2,30M, VEREDA LA REFORMA (2017)

El río Orteguaza se clasifica como un cauce de noveno orden, los ríos Pescado y Bodoquero se pueden clasificar de octavo orden, mientras que las quebradas locales como La Morrocoy, La Rochela, La Cusumba y La Raicita entre otras, les correspondería ser cauces de primer y segundo orden[137], más adelante se aclara la importancia de esta clasificación del orden de cauces donde entre menor sea el orden significa que menos tributarios o afluentes recoge este cauce en su recorrido, teniendo que ordenes 1 y 2, corresponde a cauces de inicio de cuenca o drenajes de las partes más altas de una cuenca, siendo estos los cauces más dependientes de la precipitación o lluvia, puesto que su flujo depende de las lluvias a lo largo del año y de los niveles freáticos (nivel del agua en el suelo) que garantizan que estos cuerpos de agua no se puedan convertir en efímeros (sin agua en algunas épocas del año), situación que se observa actualmente en la región, donde estos cuerpos de agua son de tipo perenne (con agua todo el año).

Los cuerpos de agua locales obedecen además de los niveles de lo grandes ríos a procesos hidrológicos locales, que en ciertas épocas del año como final y principio de año para no convertirse en cuerpos de agua efímeros, es decir que puedan perder un flujo base, capaz de satisfacer la demanda ambiental en las quebradas y la región, necesitan de una recarga de lluvias que proviene de masas de aire húmedas generadas localmente gracias a la evaporación y transpiración de agua que se da en suelo, humedales, chuquias, madreviejas, cochas, llanuras de inundación o rondas hidráulicas y a la vegetación presente en estos cuerpos de agua.

2.4.4 Secciones transversales de quebradas y ríos

En el mes de agosto del año 2017 Terrae en conjunto con las comunidades locales procedió a realizar cuatro batimetrías o mediciones geométricas de las secciones transversales del río Pescado, quebrada La Rochela, quebrada La Morrocoy y quebrada La Raicita, una medición para cada cuerpo de agua.

[137] Luisa Fernanda Ricaurte & Jukka Jokela & Auberto Siqueira & Marcela Núñez-Avellaneda & Cesar Marin &Alexander Velázquez-Valencia & Karl Matthias Wantzen, *Wetland Habitat Diversity in the Amazonian Piedmont of Colombia, 2 November 2012.*

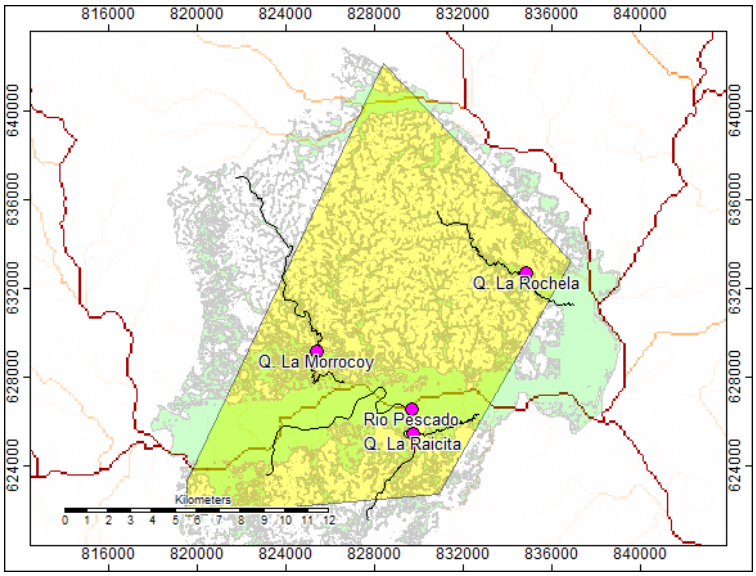


FIGURA 103. LOCALIZACIÓN DE LOS AFOROS POR VADEO
PUNTOS CON MEDICIÓN TOPOGRÁFICA DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE CAUCE (BATIMETRÍA). AGOSTO, 2017.
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

El cauce principal de las quebradas La Rochela, La Morrocoy y La Raicita tienen longitudes entre 10 y 17 km de longitud. Mientras que el río Pescado en la zona de interés alcanza a tener 125 km de longitud. Las cuencas hidrográficas de las Quebradas La Rochela, La Morrocoy y La Raicita tienen áreas entre 12,4 y 31,1 km^2 mientras que la cuenca del río Pescado es de 1961 km^2 y la del río Bodoquero de 1235 km^2.

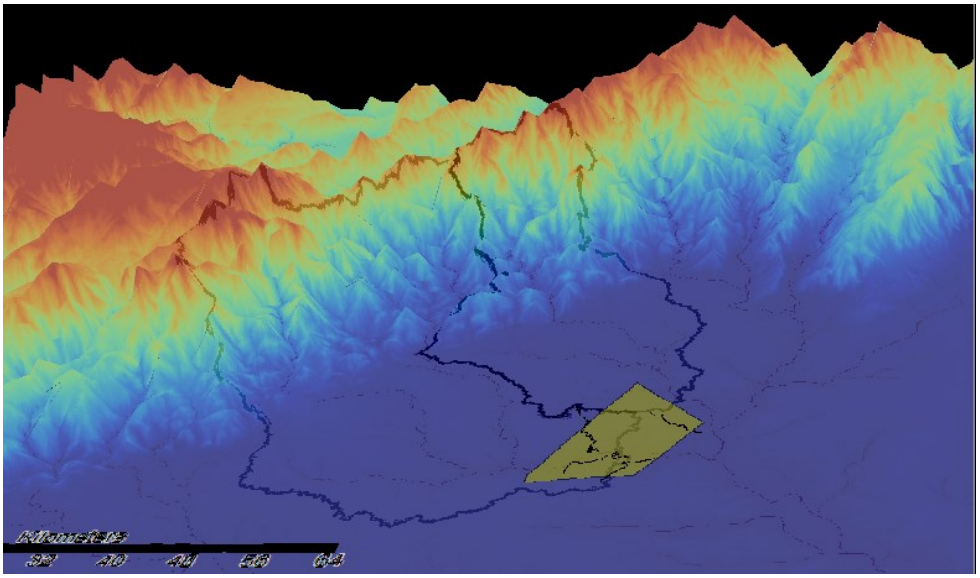


FIGURA 104. REPRESENTACIÓN EN 3D DE LA UBICACIÓN Y TAMAÑO DE LAS CUENCAS DEL RÍO PESCADO Y EL RÍO BODOQUERO (DE IZQ A DER. RESPECTIVAMENTE) CON RESPECTO A LA UBICACIÓN Y TAMAÑO DEL APE EL NOGAL CAQUETÁ.
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

A esto obedece la ordenación de cauces, donde el río Pescado alcanza una octava categoría, es decir los caudales que se presentan en el punto de interés dependen de los caudales de afluentes o tributarios de ríos con características espaciales e hidráulicas

similares a las del Pescado, como el Río Fraguachorroso y a ciclos hidrológicos no solo de la región de interés (zona plana baja) sino de zonas de piedemonte andino (Zonas como Belén de los Andaquíes), de zonas de valle interandino y de zonas de alta montaña pues su cauce principal nace aproximadamente a unos 2630 msnm en proximidades al (Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos entre los departamento del Caquetá y del Huila), cauce que realiza un recorrido de 125 km para llegar a la altura de 221 msnm aproximadamente en la zona del APE El Nogal, mientras que los caudales de las quebradas estudiadas corresponden a cauces de primer y segundo orden[138]

Lo anterior muestra que cuerpos de agua dependen únicamente del ciclo hidrológico local, donde las lluvias son la principal fuente de recarga para sus caudales, siendo las épocas más lluviosas cuando se pueden recargar humedales y acuíferos locales (abril-julio) que a su vez se descargan en épocas de verano o de insuficientes precipitaciones aportando un flujo base a estos cauces.

Más adelante se detallan las condiciones climáticas de la zona, donde es destacable que para fin y comienzo de año la precipitación efectiva o lluvias que escurren por la superficie son mínimas, con aportes cercanos a 10mm/mes, situación que generaría que estos cauces fueran efímeros o que desaparecieran en ciertos días, condición que no se presenta actualmente por lo que pone de manifiesto la existencia de acuíferos y zonas inundadas (humedales y chuquias) que trabajan como reservorios y que sostienen estos flujos base, logrando que estos cuerpos de agua se mantengan perennes en el año.

2.4.4.1 Río Pescado

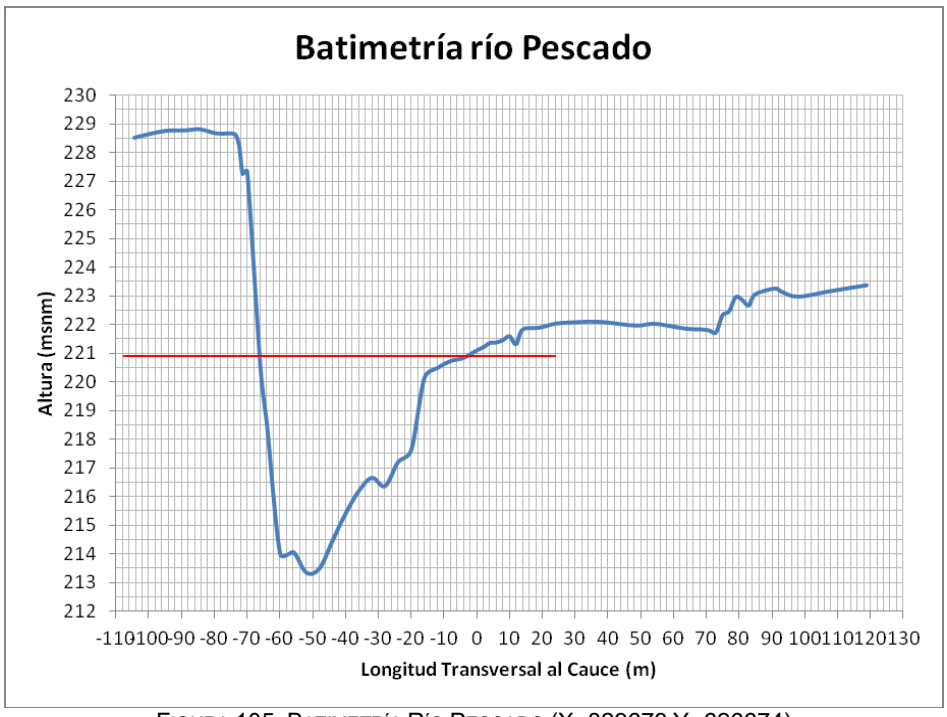


FIGURA 105. BATIMETRÍA RÍO PESCADO (X=829673 Y=626674)
LA LÍNEA ROJA REPRESENTA EL NIVEL DE LA SUPERFICIE DE AGUA. AGOSTO, 2017.
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

[138] Ordenación de Cauces de una Cuenca Hidrográfica según método Robert. E. Horton.

El río Pescado en el sitio de interés, tiene 125 km de longitud, con área de cuenca hidrográfica de 1961 km^2 y pendiente de cerca de 0,0615%. El río en este lugar tiene patrón meándrico (serpenteante, con curvas muy pronunciadas), con material de lecho fino (predominio limoso), con predominio de los procesos de depositación de sedimentos, acreción del lecho, erosión hidráulica en bancas y por ende divagación del cauce en su llanura aluvial, dinámica que propicia la formación de madreviejas o abandono de meandros (los tramos curvos), los cuales sirven de amortiguación en crecientes periódicamente, llenándose o recargándose con flujos provenientes del cauce principal, que traen consigo sedimentos y nutrientes necesarios para ecosistemas locales.

El caudal medio esperado para este río en el punto de interés, obtenido gracias a un balance hídrico a largo plazo con el Software *Hidrosig 4.0* corresponde a 103 m^3/seg, dato menor al encontrado el día de la medición batimétrica el cual corresponde a 139,81 m^3/seg. Se encontró que el río presenta una sección transversal en "V" con profundidad de hasta 7m el cual podría contener los caudales mínimos y medios ordinarios, llegando hasta niveles de 221 msnm.

Adyacente al canal principal se encuentra una playa sin vegetación riparia de aproximadamente 75 m de longitud y acotada entre la sección en "V" del río y el labio o albardón (margen) de la vega del río con altura de 223,5 msnm, que correspondería con el caudal de máximas ordinarias es decir con las mayores velocidades posibles y que de sobrepasarse, mantendría esta máxima velocidad en el cauce principal y recargaría a la llanura de inundación. El caudal correspondiente a esa cota se denomina formativo o dominante de la sección transversal con períodos de retorno de 1,4 años generalmente[139], teniendo entonces que el ancho del cauce principal para niveles de caudales máximos ordinarios sería de aproximadamente de 160 m con llanuras de inundación que pueden alcanzar un kilómetro de ancho. En conjunto, el cauce principal y la llanura de inundación conforman la franja a la cual se deben sumar los 30m mínimos que define el Decreto 1076 del 2015.

[139] Martin Vide, J.P. *Ingeniería de Ríos*,2003.

2.4.4.2 Quebrada La Rochela

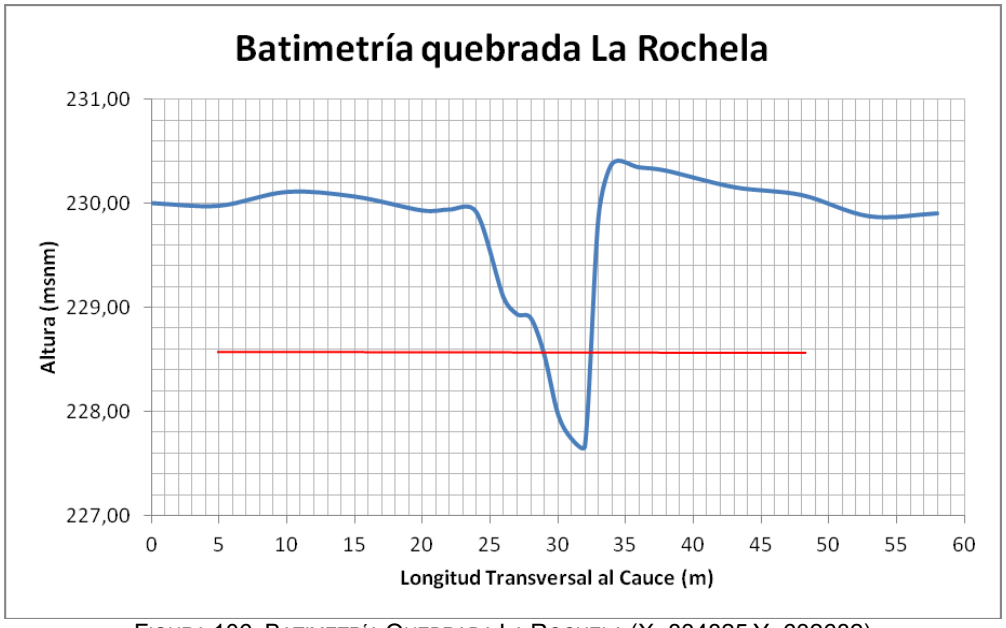


FIGURA 106. BATIMETRÍA QUEBRADA LA ROCHELA (X=834825 Y=632682)
LA LÍNEA ROJA REPRESENTA EL NIVEL DE LA SUPERFICIE DE AGUA. AGOSTO, 2017.
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

La quebrada La Rochela en el sitio de interés tiene 10,6 km de longitud, con área de cuenca hidrográfica de 25,2 km^2 y pendiente de 0,3568 % La quebrada obedece al patrón de drenaje dendrítico[140], con lecho de material fino (limo-arcilloso), lecho o fondo formado por una secuencia de pozo-escalón donde predominan los pozos a los escalones y bancas con vegetación riparia donde se encuentran especies con hasta 20 cm de diámetro en su tallo, lo que significa que es un cauce sobre roca de resistencia uniforme sobre pendientes regionales suaves, por lo que los flujos tienen bajas velocidades y predominan los procesos de depositación de sedimentos y acreción del lecho.

Cuando el nivel del río Bodoquero represa la quebrada genera remansos en sus corriente, dinámica que induce desbordamientos a niveles de 230 msnm para el sitio de interés, lo cual genera inundaciones que ayudan a la formación y conservación de humedales o chuquias, sirviendo de amortiguación de crecientes, llenándose o recargándose con flujos líquidos provenientes del cauce principal que traen consigo sedimentos y nutrientes necesarios para ecosistemas locales.

El caudal medio esperado para esta quebrada en el punto de interés, obtenido gracias a información IDEAM y con un balance hídrico a largo plazo corresponde a 1,64 m^3/seg, dato mayor al encontrado el día de la medición batimétrica el cual corresponde a 0,17 m^3/seg. De la anterior figura cabe destacarse que la quebrada presenta una sección transversal en "V" con profundidad de hasta 2,4 m, el cual podría contener los caudales máximos ordinarios, llegando hasta niveles de 230 msnm, seguido a este canal principal se encuentran los labios o albardones de la quebrada con altura de 230 y 230,4 msnm, altura que correspondería con el caudal de máximas ordinarias es decir con las mayores velocidades posibles y que de sobrepasarse, mantendría esta máxima velocidad en el

[140] Ordoñez, J.I. *Introducción a la Hidráulica Fluvial,* 1979.

cauce principal y recargaría a la llanura de inundación. El caudal correspondiente a esa cota se denomina formativo o dominante de la sección transversal con períodos de retorno de 1,4 años generalmente[141], teniendo entonces que el ancho del cauce principal para niveles de caudales máximos ordinarios sería de aproximadamente 9 m de longitud y llanuras de inundación de decenas de metros de ancho. En conjunto, el cauce principal y la llanura de inundación conforman la franja a la cual se deben sumar los 30m mínimos que define el Decreto 1076 del 2015.

2.4.4.3 Quebrada La Morrocoy

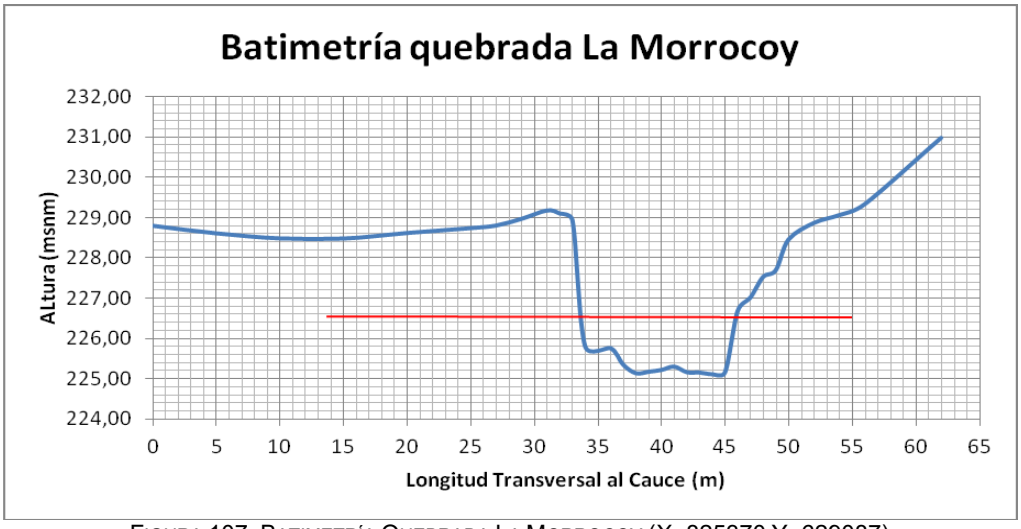


FIGURA 107. BATIMETRÍA QUEBRADA LA MORROCOY (X=825370 Y=629087)
LA LÍNEA ROJA REPRESENTA EL NIVEL DE LA SUPERFICIE DE AGUA. AGOSTO, 2017.
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

La quebrada La Morrocoy en el sitio de interés, tiene 16,2 km de longitud, con área de cuenca hidrográfica de 31,1 km^2 y pendiente de 0,1987 % La quebrada obedece al patrón de drenaje dendrítico con sistemas lagunares[142], con lecho de material orgánico (vegetación riparia), lecho o fondo formado por una secuencia de pozo-escalón donde predominan los pozos a los escalones y bancas con vegetación riparia donde se encuentran especies con hasta 20 cm de rollizo, lo que significa que es un cauce sobre roca de resistencia uniforme sobre pendientes regionales suaves, por lo que los flujos tienen bajas velocidades y predominan los procesos de depositación de sedimentos y acreción del lecho.

Cuando el nivel del río Pescado inunda la cocha Techo Rojo esta represa la quebrada generando remansos en su corriente, dinámica que induce desbordamientos a niveles de 229,2 msnm para el sitio de interés, lo cual genera inundaciones que ayudan a la formación y conservación de humedales o chuquias, sirviendo de amortiguación de crecientes, llenándose o recargándose con flujos líquidos provenientes del cauce principal que traen consigo sedimentos y nutrientes necesarios para ecosistemas locales.

El caudal medio esperado para esta quebrada en el punto de interés, obtenido gracias a información IDEAM y con un balance hídrico a largo plazo corresponde a 2,03 m^3/seg,

[141] Martin Vide, J.P. *Ingeniería de Ríos*,2003.
[142] Ordoñez, J.I. *Introducción a la Hidráulica Fluvial,* 1979.

dato mayor al encontrado el día de la medición batimétrica el cual corresponde a 0,93 m^3/seg. De la anterior figura cabe destacarse que la quebrada presenta una sección transversal en "U" con profundidad de hasta 4,2 m, la cual podría contener los caudales máximos ordinarios, llegando hasta niveles de 229,2 msnm, seguido a este canal principal se encuentra un labio o albardón de la quebrada con altura de 229,2 msnm, altura que correspondería con el caudal de máximas ordinarias y que de sobrepasarse, mantendría las máximas velocidades posibles en el cauce principal y recargaría a la llanura de inundación, lo cual indica que este es el caudal formativo o dominante de la sección transversal con períodos de retorno de 1,4 años generalmente[143] y al otro costado el talud de la banca de la vía existente en material afirmado que conduce a la vereda Paraíso (h=231,4 msnm).

Un aspecto a destacar es que la forma característica de este cauce en U y la presencia de un lecho orgánico vegetal, pone de manifiesto que este cuerpo de agua se caracteriza por velocidades considerablemente bajas a lo largo del año, tanto así que nunca se producen fenómenos de erosión-socavación, por el contrario la capa vegetal evidencia que existen procesos de depositación de sedimentos con los nutrientes suficientes y condiciones adecuadas para la generación de rizomas y plantas que prosperan, siendo este un cuerpo que se comporta en ciertas épocas del año como un sistema lótico (quebrada) y otra parte del año como un sistema léntico (humedal), si el nivel del río Pescado y el régimen de lluvias generan represamientos y rebalses, teniendo entonces que el ancho del cauce principal para niveles de caudales máximos ordinarios sería de aproximadamente de 24 m y llanuras de inundación de decenas de metros de ancho. En conjunto, el cauce principal y la llanura de inundación conforman la franja a la cual se deben sumar los 30m mínimos que define el Decreto 1076 del 2015.

2.4.4.4 Quebrada La Raicita

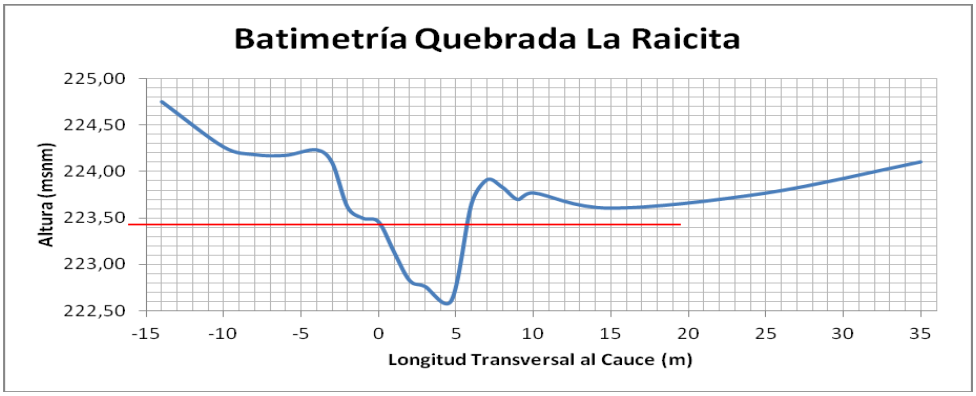


FIGURA 108. BATIMETRÍA QUEBRADA LA RAICITA (X=829670 Y=625421)
LA LÍNEA ROJA REPRESENTA EL NIVEL DE LA SUPERFICIE DE AGUA. AGOSTO, 2017.
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

La quebrada La Raicita en el sitio de interés tiene 10,1 km de longitud, con área de cuenca hidrográfica de 12,4 km^2 y pendiente de 0,3873% La quebrada obedece al patrón de drenaje subdendrítico con sistemas lagunares[144], con lecho de material orgánico (vegetación riparia) y carga orgánica en descomposición como troncos, lecho o fondo

[143] Martin Vide, J.P. *Ingeniería de Ríos*,2003

[144] Ordoñez, J.I. *Introducción a la Hidráulica Fluvial,* 1979.

formado por una secuencia de pozo-escalón donde predominan los pozos a los escalones y bancas con vegetación riparia donde se encuentran especies con hasta 15 cm de rollizo, lo que significa que es un cauce sobre roca de resistencia uniforme sobre pendientes regionales suaves, por lo que los flujos tienen bajas velocidades y predominan los procesos de depositación de sedimentos y acreción del lecho.

Cuando el nivel del río Pescado represa la quebrada generando remansos en su corriente, induce desbordamientos a niveles de 223,9 msnm para el sitio de interés, lo cual genera inundaciones que ayudan a la formación y conservación de humedales o chuquias, sirviendo de amortiguación de crecientes, llenándose o recargándose con flujos líquidos provenientes del cauce principal que traen consigo sedimentos y nutrientes necesarios para ecosistemas locales.

El caudal medio esperado para esta quebrada en el punto de interés, obtenido gracias a información IDEAM y con un balance hídrico a largo plazo corresponde a 0,81 m^3/seg, dato mayor al encontrado el día de la medición batimétrica el cual corresponde a 0,06 m^3/seg. De la anterior figura cabe destacarse que la quebrada presenta una sección transversal en "V" con profundidad de hasta 1,4 m el cual podría contener los caudales máximos ordinarios, llegando hasta niveles de 224 msnm, seguido a este canal principal se encuentran los labios o albardones de la quebrada con alturas de 223,9 y 224,2 msnm, altura que correspondería con el caudal de máximas ordinarias y que de sobrepasarse, mantendría las máximas velocidades posibles en el cauce principal y recargaría a la llanura de inundación por ende es este el caudal formativo o dominante de la sección transversal con períodos de retorno de 1,4 años generalmente[145], teniendo entonces que el ancho del cauce principal para niveles de caudales máximos ordinarios sería de aproximadamente de 10 m y llanuras de inundación cercana a 30 metros de ancho. En conjunto, el cauce principal y la llanura de inundación conforman la franja a la cual se deben sumar los 30 m mínimos que define el Decreto 1076 del 2015.

Lo planteado es de interés puesto que este punto se encuentra a 1,16km de distancia del punto medido sobre el cauce del río Pescado, cuyo nivel de desborde en el sitio de estudio es 223,5 msnm y el nivel al cual desborda aguas la quebrada La Raicita es 223,9 msnm, con tan solo una diferencia de 40 cm de nivel entre ambos puntos se podría afirmar que el punto de toma de datos de la quebrada hace parte de la llanura de inundación del río, es un drenaje lótico (quebrada) cuando los niveles del río descienden lo suficiente (final y principio de año) y se convierte en un canal secundario del río cuando este eleva niveles, que pueden oscilar entre 2,3 y 3,7 m lo que pondría los niveles del río en el sitio en la situación más crítica a 224,7 msnm, lo cual compromete la corona de la banca de la vía que esta al costado de la quebrada La Raicita y que conduce al pozo estratigráfico de Emerald Energy. Lo anterior demostraría que se han intervenido ya zonas de inundación por el proyecto petrolero.

2.4.5 Caudal base

El caudal base se define como el caudal aportado por las reservas de una cuenca, en particular las subterráneas, que se mantiene fuera de periodos de lluvia. Para su análisis es necesario conocer el aporte de aguas subterráneas desde la zona de lomerío hacia una quebrada como La Rochela, cuerpo de agua que cuenta con un aforo por vadeo para

[145] Martin Vide, J.P. *Ingeniería de Ríos*,2003

un día sin lluvias del mes de agosto y un aforo por flotadores aguas arriba para el mismo día sin lluvias de agosto en las coordenadas X=831774, Y=634849 Datum Bogotá. En ese sitio se ubica un box coulvert de 3 m de ancho y 2,5 m de alto y contiene el caudal de la quebrada en su cruce con la vía que conduce a la Vereda Rochela Baja encontrándose que para este día sin lluvias la altura de lámina de agua se encontraba a solo 5,8 cm y con velocidad media de 0,2 m/seg para un caudal de 33,74 Lts/seg.



FOTOGRAFÍA 92. AFORO POR FLOTADORES QUEBRADA LA ROCHELA (X=831774, Y=634849). ANCHO≈67M, ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES≈2.30M, VEREDA ROCHELA BAJA



FOTOGRAFÍA 93. AFORO POR FLOTADORES QUEBRADA LA ROCHELA (X=831774, Y=634849). MEDICIÓN DE SECCIÓN GEOMÉTRICA DEL BOX CULVERT Y ALTURA DE LÁMINA DE AGUA, VEREDA ROCHELA BAJA

La comparación de esos datos con el aforo hecho aguas abajo presentado en las secciones transversales (Q = 170 lts/seg) se obtiene una diferencia de aproximadamente 136 lts/seg en un tramo de 5,2km, lo que pone de manifiesto que existe un aporte por flujo base en la quebrada de aproximadamente 26 lts/km. Ese dato equivale a 6,8 lts/km^2 si se analiza por la diferencia de áreas de cuenca para cada punto de medición.

Bajo esta condición de flujo base para un mes que no corresponde a la época de verano, sería riesgoso para el ecosistema y para la tranquilidad y salud de los habitantes del territorio captar caudales tan elevados como 6 lts/seg en quebradas como La Raicita, como se proyecta para las operaciones del APE El Nogal, donde como señala el mismo EIA en su Capítulo 7 Tabla 7-4 el área aferente para el punto de captación en la Quebrada la Raicita no supera el kilómetro cuadrado. Bajo estas condiciones la captación de 6 lts/seg se llevaría todo el flujo base de la quebrada, escenario peligroso para la época de verano (diciembre-febrero) donde se podría comprometer el caudal ambiental necesario para sostener ecosistemas de la cuenca aguas abajo y la conectividad hidráulica entre cuerpos de agua superficiales.

2.4.6 Clima.

El clima en la región del piedemonte caqueteño, obedece a factores que se dan en distintas escalas espacio-temporales teniendo influencia de la circulación local atmosférica de la cuenca de la Amazonia teniendo un clima húmedo-caliente:

"Entre los andes y la Cuenca Amazónica existe una retroalimentación positiva, ya que los vientos alisios del sureste transportan gran cantidad de humedad hacia los Andes, la cual contribuye a la precipitación sobre el pie de monte Andino, y esta a su vez nutre los caudales (agua, sedimentos y nutrientes) de los ríos de la Amazonia Colombiana."[146]

[146] German poveda, *La Hidroclimatologia de Colombia: Una Síntesis Desde La Escala Inter-decadal Hasta La Escala Diurna,* Junio de 2004.

Retroalimentación positiva significa que el porcentaje de lluvia que cae al suelo y que es reciclado por procesos locales de evapotranspiración se estima para la Amazonia Colombiana en un orden de 35-50%

Otro fenómeno con influencia en la región se asocia a la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) la cual es una convergencia de los vientos alisios del Noreste con los del Sureste, formando un cordón de masas de aire húmedas que rodea al planeta sobre la línea ecuatorial oscilando latitudinalmente en función de la posición aparente del sol a lo largo del año. Cuando es verano en el hemisferio norte la ZCIT alcanza en Colombia entre los 2° y 10° Latitud Norte y cuando es verano en el hemisferio sur (invierno en el Hemisferio Norte) la ZCIT puede alcanzar hasta los 5° Latitud Sur[147].

Este fenómeno anual puede ser alterado cuando ocurre el evento El Niño/Oscilación del Sur ENSO ya sea en su fase cálida o fría, presentando recurrencia entre 4 y 5 años[148].

Todos estos procesos a nivel global generan en la región del Caquetá un régimen de lluvias monomodal, es decir por su ubicación geográfica en la amazonia colombiana y su posición con respecto al ecuador del planeta, la zona de estudio tiene una época de verano (asociada al final e inicio de año) y otra de invierno asociada a los meses entre abril y julio.

A continuación se presentan las ubicaciones de las estaciones Meteorológicas del IDEAM que se utilizaron para el análisis climático y el balance hídrico a largo plazo.

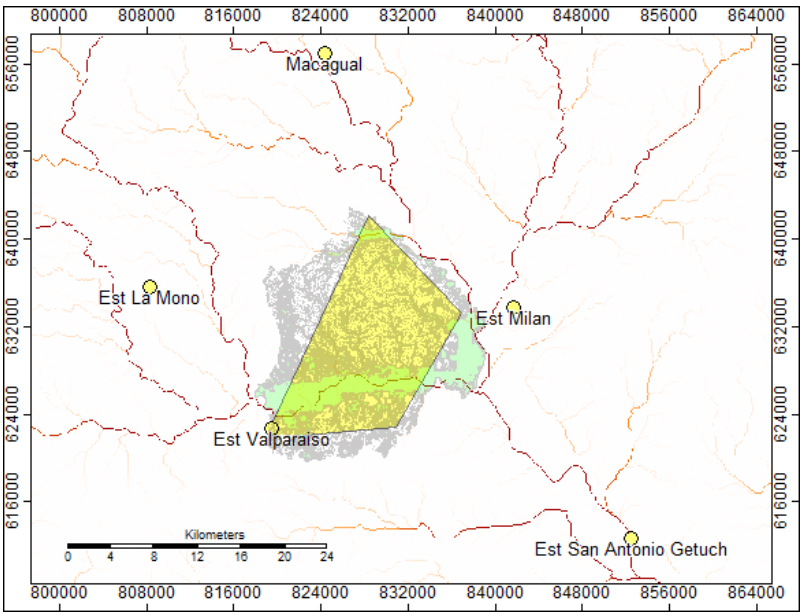


FIGURA 109. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS MACAGUAL, LA MONO, VALPARAÍSO, MILÁN Y SAN ANTONIO GETUCH CON RESPECTO AL APE EL NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

[147] Leon G, J. Zea, J. Eslava. (2000): Circulación general del trópico y la Zona de Confluencia Intertropical en Colombia. Meteorol. Colomb. 1:31-38. ISSN 0124-6984. Santa Fe de Bogotá, D.C. – Colombia
[148] German Poveda, *La Hidroclimatologia de Colombia: Una Síntesis Desde La Escala Inter-decadal Hasta La Escala Diurna,* Junio de 2004

2.4.6.1 Precipitación

La precipitación se puede entender como la lluvia, granizo u otros procesos donde cae agua a la superficie terrestre, proceso que necesita masas de aire húmedo que gracias a cambios en la temperatura de la atmósfera se pueden condensar (cambiar de fase gaseosa a liquida o sólida) y caer gracias a su peso en estado líquido o sólido[149]. Para la región a estudiar la precipitación que se genera es solo lluvia, y obedece a los tres fenómenos anteriormente descritos.

TABLA 15. VALORES PROMEDIO MULTIANUAL DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA REGIÓN

Serie 1981-2010				PRECIPITACIÓN (mm)												
CODIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
44030080	Milan	Milan	260	131,4	236,2	381,2	463,1	462,4	451,7	391,8	276,0	267,7	282,2	252,3	158,5	3730,1
44045020	Valparaiso	Valparaiso	270	125,0	212,4	282,0	388,2	360,7	351,0	332,8	237,2	218,1	230,7	214,3	129,9	3028,4
44045030	Mono La	Belen de los Andaquies	300	144,8	219,6	311,4	409,2	441,0	399,1	338,8	269,4	252,8	310,9	271,4	160,9	3529,3
44050010	San Antonio Getuch	Milan	250	131,3	186,6	288,9	408,4	450,7	408,9	385,0	235,9	223,3	259,8	208,9	130,2	3199,3

FUENTE IDEAM (2017).

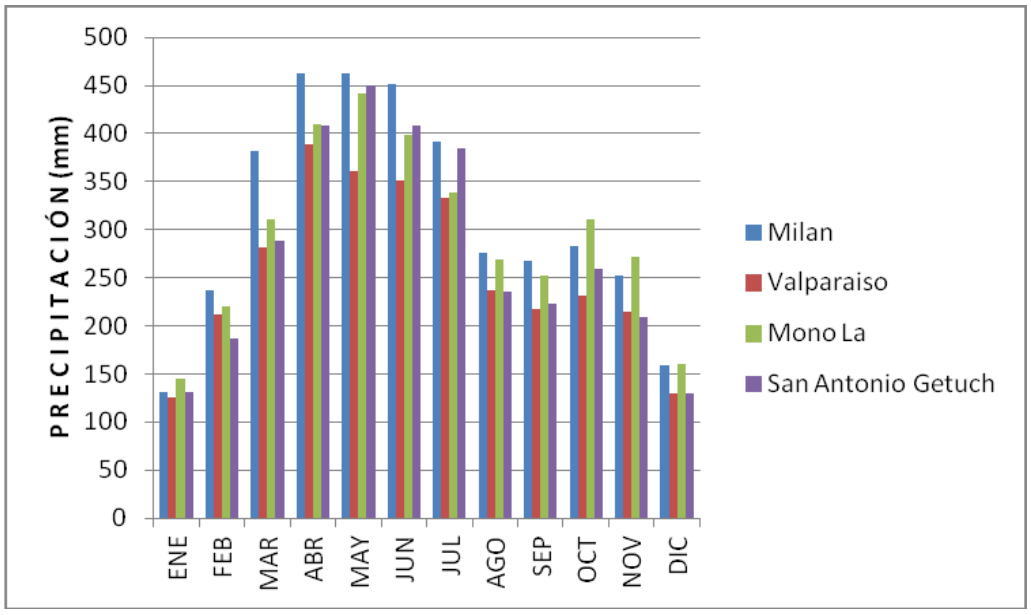


FIGURA 110. PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL (1981-2010) DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS VALPARAÍSO, LA MONO, SAN ANTONIO GETUCH Y MILÁN
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

En la anterior figura se pone de manifiesto el régimen monomodal de lluvias en la región, teniendo lluvias en todo el año con una época de menores precipitaciones (≈ 130 mm/mes) correspondiente a fin y principio de año y una época con máximas de lluvias (≈ 400 mm/mes) en los meses entre abril y julio.

[149] CHOW, Ven Te.. *Hidrología aplicada*. Santafé de Bogotá, McGraw-Hill, 1993.

2.4.6.2 Temperatura

La temperatura es la magnitud de calor medible por un termómetro en alguna escala como grados Celsius °C, que obedece a un objeto o a un medio como la atmosfera, siendo variable en función de la altura sobre el nivel mar y de la latitud geográfica y época del año, para una zona en particular.

TABLA 16. VALORES PROMEDIO MULTIANUAL DE TEMPERATURA MENSUAL Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA REGIÓN

PROMEDIOS 1981 - 2010				TEMPERATURA MEDIA (°C)											
CODIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
44045030	Mono La	Belen de los Andaquies	300	26,2	25,8	25,5	25,1	25,0	24,5	24,2	24,8	25,4	25,6	25,7	25,9	25,3
44045020	Valparaiso	Valparaiso	270	26,9	26,6	26,3	25,8	25,7	25,3	25,2	25,6	26,1	26,4	26,5	26,6	26,1
44035030	Macagual	Florencia	280	26,0	25,8	25,4	25,0	24,8	24,2	23,8	24,4	24,9	25,2	25,4	25,7	25,0

TOMADO DE IDEAM (2017).

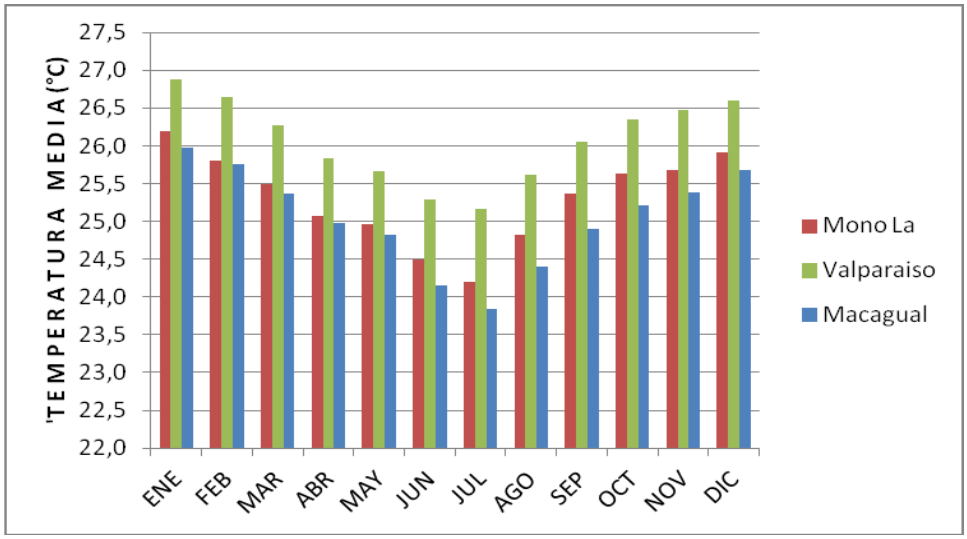


FIGURA 111. PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL (1981-2010) DE TEMPERATURA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS VALPARAÍSO, LA MONO Y MACAGUAL
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

TABLA 17. VALORES PROMEDIO MULTIANUAL DE TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA REGIÓN

PROMEDIOS 1981 - 2010				TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (°C)													
CODIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL	MÁXIMA ANUAL
44045030	Mono La	Belen de los Andaquies	300	31,9	31,3	30,6	29,9	29,6	28,9	28,8	29,8	30,9	31,0	31,0	31,3	30,4	31,9
44045020	Valparaiso	Valparaiso	270	32,2	31,8	31,3	30,5	30,4	29,6	29,6	30,4	31,2	31,5	31,6	31,9	31,0	32,2
44035030	Macagual	Florencia	280	32,2	31,7	30,6	30,0	29,6	28,7	28,6	29,7	30,8	31,0	30,9	31,7	30,4	32,2

TOMADO DE IDEAM (2017)

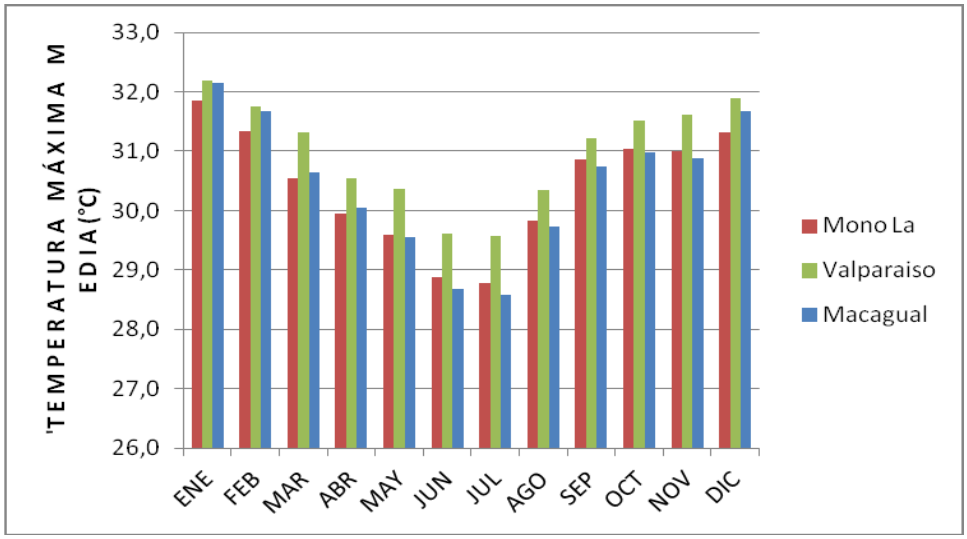


FIGURA 112. PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL (1981-2010) DE TEMPERATURA MÁXIMA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS VALPARAÍSO, LA MONO Y MACAGUAL
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

TABLA 18. VALORES PROMEDIO MULTIANUAL DE TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA REGIÓN

PROMEDIOS 1981 - 2010				TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA (°C)													
CODIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL	MÍNIMA ANUAL
44045030	Mono La	Belen de los Andaquies	300	20,9	20,7	20,8	20,7	20,7	20,5	20,1	20,4	20,6	20,8	21,0	20,8	20,7	20,1
44045020	Valparaiso	Valparaiso	270	22,0	22,0	22,1	22,1	22,0	21,6	21,2	21,3	21,7	22,0	22,3	22,1	21,9	21,2
44035030	Macagual	Florencia	280	21,2	21,3	21,7	21,7	21,7	21,2	20,7	20,8	21,0	21,5	21,7	21,6	21,3	20,7

TOMADO DE IDEAM (2017).

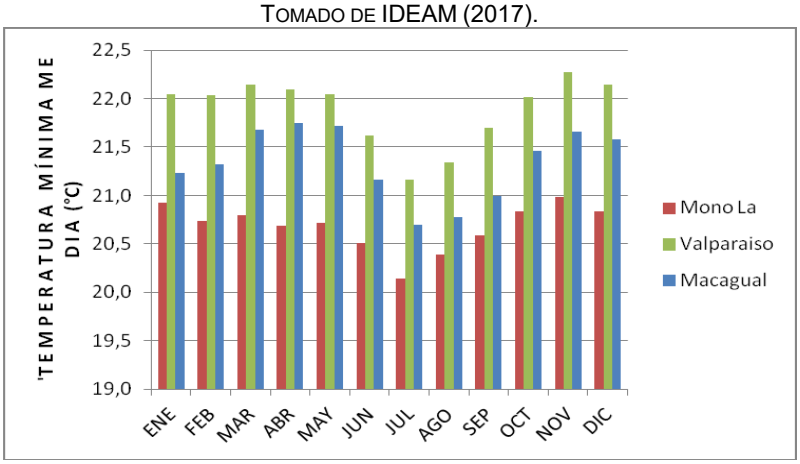


FIGURA 113. PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL (1981-2010) DE TEMPERATURA MÍNIMA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS VALPARAÍSO, LA MONO Y MACAGUAL
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

La Temperatura media en la región se encuentra alrededor de 25,3°C teniendo máximas de hasta 32°C y mínimas de hasta 20°C, datos que clasifican la región como de clima cálido.

2.4.6.3 Humedad relativa

La Humedad relativa es el porcentaje de humedad o vapor de agua que retiene la atmosfera en relación con su potencial o máxima capacidad de retención de humedad en condiciones de saturación.

TABLA 19. VALORES PROMEDIO MULTIANUAL DE HUMEDAD RELATIVA MENSUAL Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA REGIÓN

PROMEDIOS 1981 - 2010				HUMEDAD RELATIVA (%)												
CODIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
44045030	Mono La	Belén de los Andaquies	300	82	84	85	87	87	87	87	85	84	84	84	83	85
44045020	Valparaíso	Valparaíso	270	81	82	84	86	87	87	86	84	83	83	83	82	84
44035030	Macagual	Florencia	280	81	82	86	88	88	88	87	86	84	85	85	84	85

TOMADO DE IDEAM (2017).

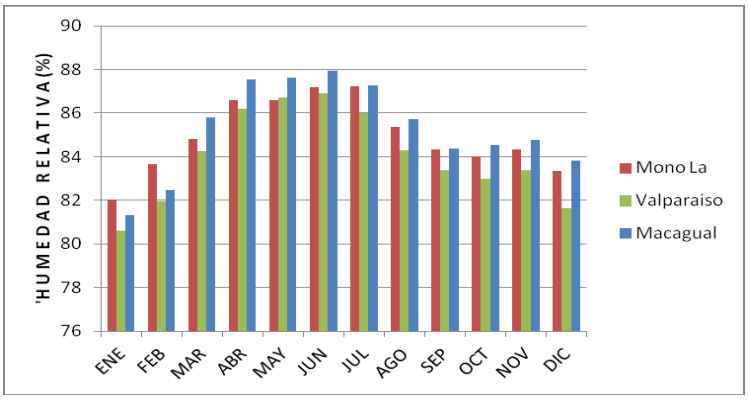


FIGURA 114. PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL (1981-2010) DE HUMEDAD RELATIVA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS VALPARAÍSO, LA MONO Y MACAGUAL
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

El porcentaje de Vapor de agua medio mensual en la atmosfera de la región obedece al régimen monomodal de lluvias y a la temperatura media, teniendo máximas humedades en los meses entre Abril y Julio (≈ 87%) y en correspondencia para final y principio de año, la humedad desciende (≈ 81%), siendo una cantidad de vapor de agua importante a lo largo del año que se encuentra disponible en la atmósfera. Con estos registros se cataloga al clima como húmedo.

2.4.6.4 Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración es la combinación de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación[150]. Este fenómeno se da gracias a la influencia de la radiación solar, la temperatura, la humedad del suelo, la cobertura vegetal y sus etapas de desarrollo o crecimiento en caso de cultivos, por lo que es desde este proceso que se espera la recarga positiva que se da en la región de la Amazonia donde se estima que del 35-50% de precipitación es reciclada de la región.[151] Para la zona de interés se obtienen registros que obedecen a este régimen climático monomodal poniendo de manifiesto que

[150] CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. Santafé de Bogotá, McGraw-Hill. 1993
[151] German poveda, *La Hidroclimatologia de Colombia: Una Sintesis Desde La Escala Inter-decadal Hasta La Escala Diurna,* Junio de 2004.

a final e inicio de año se tienen los mayores registros de ETP, y el período abril-julio los registros mínimos, evidenciándose que existe un comportamiento inverso a la dinámica de precipitación a lo largo del año en la región.

TABLA 20. VALORES PROMEDIO MULTIANUAL DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MENSUAL Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA REGIÓN

Serie 1981-2010				EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm)												
CODIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
44045030	Mono La	Belen de los Andaquies	300	125	109	111.4	101	97.5	89.7	95.8	108	116	119	112	119	1302.7
44030080	Milan	Milan	260	124	107	117.4	102	101	92.3	102	112	111	114	105	115	1303.5
44050010	San Antonio Getuch	Milan	250	124	107	117.6	102	101	92.5	103	112	111	114	105	115	1305.3
44045020	Valparaiso	Valparaiso	270	128	111	112.9	101	98.1	90	97.4	109	116	120	116	125	1323.3

TOMADO DE IDEAM (2017).

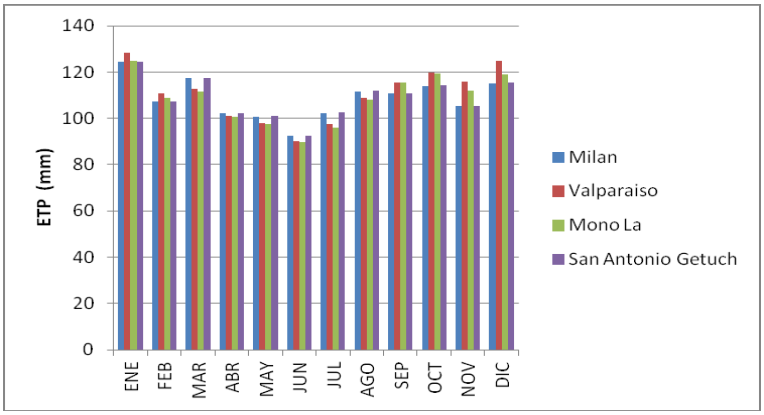


FIGURA 115. PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL (1981-2010) DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS VALPARAÍSO, LA MONO, SAN ANTONIO GETUCH Y MILÁN
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

La ETP a lo largo del año obedece al comportamiento de temperaturas, teniendo máximas en final y principio de año con valores de hasta 120 mm/mes y mínimas para el período abril - julio con valores alrededor de 90 mm/mes situación que sirve de apoyo con los análisis propuestos para toda la región de piedemonte andino-amazónico colombiano, donde la recarga positiva de humedad a la atmosfera alcanza hasta un 50% de aporte por procesos de Evapotranspiración local, teniendo por ejemplo que la tasa de precipitación o lluvias media para el mes de enero está alrededor de 30 mm/mes y la tasa de ETP medio para este mismo mes está alrededor de 120 mm/mes, lo que nos indica que las lluvias para el período de final y principio de año en la región, dependen de la recarga de humedad que se da gracias a la evaporación y transpiración de agua retenida en suelos, vegetación y cuerpos de agua locales, en especial de tipo lénticos como los humedales y chuquias, representativos en la región.

2.4.7 Dinámica Fluvial

Los cuerpos de agua superficial como se ha señalado son un sistema interconectado espacio temporalmente compuesto por tres grandes ríos (Orteguaza, Bodoquero y Pescado) los cuales no dependen del ciclo hidrológico local por tener cuencas mucho más grandes que el área en estudio (APE El Nogal), lo cual conlleva a que una lluvia o un

régimen de lluvias en lugares como Florencia, Morelia, Belén de Los Andaquíes o en la zona de alta montaña en el límite departamental con el Huila generen crecidas en el nivel superficial de los ríos que pueden variar en la zona entre 2,3 y 3,7m.



FOTOGRAFÍA 94. RÍO PESCADO (X=823051, Y=623518). ANCHO≈67M, ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES≈2.30M, VEREDA LA FLORIDA.



FOTOGRAFÍA 95. RÍO PESCADO (X=826840, Y=626043) ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES≈2.30M, VEREDA LA REFORMA.

El testimonio local señala que los niveles máximos presenciados en las vegas del río alcanzan a estar por encima de las bancas laterales hasta 1,4m de altura, situación que se puede dar por lluvias en otras zonas de su cuenca. Dinámica similar sucede con los ríos Orteguaza y Bodoquero, que variando niveles a lo largo del año pueden inundar las cochas (meandros o curvas del río abandonadas) recargando de caudales líquidos, de sedimentos y de nutrientes a estos complejos humedales los cuales en épocas de niveles bajos (octubre-febrero) generan zonas vadosas aptas para el desarrollo de vegetación riparia y en épocas de niveles altos (mayo-julio) además de recargar a las cochas represan los flujos o caudales que llegan por las quebradas, como sucede con las Quebradas La Morrocoy y La Cusumba en la Cocha Techo Rojo en la Vereda Paraíso.



FOTOGRAFÍA 96. COCHA O MEANDRO ABANDONADO TECHO ROJO (X=827123, Y=627876). EXTENSIÓN APROXIMADA 73,1HA, VEREDA PARAÍSO.



FOTOGRAFÍA 97. COCHA O MEANDRO ABANDONADO EL DIABLO (X=825439, Y=624553). ZONAS DE DEPOSITACIÓN DE SEDIMENTOS Y NUTRIENTES, VEREDA LA REFORMA.



FOTOGRAFÍA 98. BOCA DE LA COCHA O MEANDRO ABANDONADO TECHO ROJO (X=828056, Y=627588). ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES≈2,30M, VEREDA PARAÍSO



FOTOGRAFÍA 99. COCHA O MEANDRO ABANDONADO EL DIABLO (X=825439, Y=624553). ZONAS DE DEPOSITACIÓN DE SEDIMENTOS Y NUTRIENTES, VEREDA LA REFORMA.



FOTOGRAFÍA 100. BOCA DE LA COCHA O MEANDRO ABANDONADO EL DIABLO (X=825601, Y=625017). ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES≈2,30M, VEREDA LA REFORMA



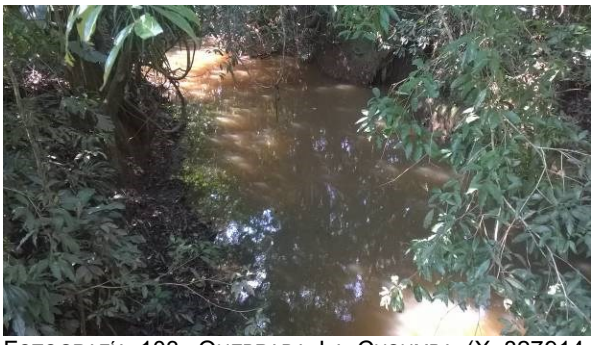
FOTOGRAFÍA 101. BOCA DE LA COCHA O MEANDRO ABANDONADO LOS JARAMILLOS (X=828866, Y=626787). ALTURA DE LAS BANCAS LATERALES≈2,30M, VEREDA LA CANDIDO

Es una constante a lo largo de estos ríos, ver las bancas laterales con altura cercana a 2,30 m con respecto al nivel encontrado el día de toma de medición en el río y una marca de sedimentos finos aluviales en el dosel bajo de los árboles de las bancas con altura cercana a 3,7m con respecto al nivel del río.

Con esta diferencia de niveles evidente y apoyándose en las batimetrías hechas en campo, se puede deducir que si el nivel en el punto medido sobre el cauce del río Pescado (221 msnm) aumenta 3,7 m este alcanzaría la cota 224,7msnm, situación que se da periódicamente por la evidencia de la altura de sus albardones (223,9 msnm). En este escenario, al compararse este nivel en el punto medido sobre el cauce de la Quebrada la Raicita a 1,16 km de distancia perpendicular al río se observa que la quebrada estaría totalmente desbordada por ambos lados de su cauce, alcanzando hasta 50 cm de altura de nivel por encima de los albardones de las bancas laterales de la quebrada.



FOTOGRAFÍA 102. QUEBRADA LA ROCHELA (X=834815, Y=632672).
VEREDA LA ROCHELA BAJA (2017)



FOTOGRAFÍA 103. QUEBRADA LA CUSUMBA (X=827914, Y=628107).
DESEMBOCADURA A LA COCHA "TECHO ROJO" VEREDA PARAÍSO (2017)



FOTOGRAFÍA 104. QUEBRADA LA MORROCOY (X=825365, Y=629092).
VEREDA LA LIBERIA-PARAÍSO (2017)



FOTOGRAFÍA 105. QUEBRADA LA RAICITA (X=829671, Y=625391)., 1.16KM DISTANTE DEL RÍO PESCADO VEREDA LA CURVINATA (2017)

De las anteriores fotografías se destacan: 1. El tipo y tamaño de vegetación presente en bancas y lecho, segundo, 2. El comportamiento lento o aparentemente estático de los cuerpos de agua, sin evidencia de rápidos o escalas de lecho, situación que obedece a las bajas pendientes de lecho de estos cauces (≈ 0,3%) por lo tanto bajas velocidades (≈ 0,05m/s), lo que impide el arrastre de partículas y sedimentos, propiciando la depositación en el lecho de estos sedimentos condición que favorece al desarrollo de las raíces de la vegetación presente, prosperando en función de las dinámicas fluviales del cauce de cada quebrada.

Teniendo entonces que en quebradas como la Morrocoy y La Raicita vegetación presente en su lecho y bancas, mientras que en la quebrada La Rochela, se presenta material limo-arcilloso en el lecho y vegetación en la parte superior de sus bancas. Esta evidencia, junto con la forma de las secciones transversales, los niveles de precipitación y los caudales esperados en ciertas épocas del año, apoya la hipótesis que las quebradas Morrocoy y Raicita tienen comportamientos de cuerpos de agua tipo léntico (humedales) en época de invierno (mayo-julio) y en verano (diciembre-enero) tienen comportamientos de cuerpos de agua lóticos (quebradas).

Esta variabilidad al parecer anual contribuye a la formación y conservación de humedales o chuquias presentes en la región, 62 humedales que se interconectan a la dinámica fluvial gracias a las inundaciones anuales.



FOTOGRAFÍA 106. HUMEDAL O CHUQUIA MANUEL, HUMEDAL QUE INTERACTÚA CON LA QUEBRADA DE LA ROCHELA (X=833312, Y=632657), VEREDA ROCHELA BAJA (2017)



FOTOGRAFÍA 107. HUMEDAL O CHUQUIA NACIMIENTO QUEBRADA LA ROCHELA (X=831041, Y=635639), VEREDA ROCHELA BAJA (2017)

Este tipo de humedales dependen del represamiento del flujo de las quebradas y sus posteriores inundaciones para poder recargarse gracias a lluvias, inundaciones o flujos sub-superficiales provenientes de acuíferos someros en el lomerío cercano.



FOTOGRAFÍA 108. HUMEDAL O CHUQUIA NACIMIENTO QUEBRADA LA MORROCOY (X=822949, Y=635128), VEREDA CAMPO ALEGRE (2017)

Estos flujos sub-superficiales fuertemente influenciados por el nivel freático presente en el lomerío y terrazas aluviales, que varía en altura a lo largo del año, constituye un aporte importante a la escorrentía superficial especialmente de las quebradas en los meses de verano (octubre-febrero)



FOTOGRAFÍA 109. AFLORAMIENTO DE FLUJO BASE EN BANCA LATERAL DEL RÍO PESCADO (X=829673, Y=626674), VEREDA LA CURVINATA (2017)



FOTOGRAFÍA 110. AFLORAMIENTO DE FLUJO BASE EN BANCA LATERAL DEL RÍO PESCADO (X=829673, Y=626674), VEREDA LA CURVINATA (2017)

Con lo expuesto acerca de las características hidrográficas de la región se presenta a continuación una tabla resumen con las características hidráulicas relevantes encontradas en el levantamiento realizado en el mes de agosto del año 2017

TABLA 21. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS PARA CUATRO AFOROS POR VADEO Y UNO POR FLOTADORES, A TRES CUERPOS DE AGUA EN LA ZONA DE INTERÉS, AGOSTO 2017.

Cuerpo de Agua	Long Cauce (km)	Área cuenca (km2)	S(m/m)	S%	Rh (m)	Vel (m/s)	Caudal (m3/s)	n (Manning)	Rendimiento (m3/km2*s)	Rendimiento (lts/km2*s)	Fr
Río Pescado Puente (flotad)	113,7	1850	0,00061	0,06%	3,28	0,592	131,90	0,12	0,07130	71,30	0,10
Río Pescado PozoEstra	125,0	1961	0,00061	0,06%	3,86	0,368	139,81	0,12	0,07130	71,30	0,08
Quebrada La Rochela	10,6	25,2	0,00356	0,36%	0,49	0,085	0,17	0,39	0,00691	6,91	0,04
Quebrada La Morrocoy	16,2	31,1	0,00198	0,20%	1,14	0,047	0,74	0,84	0,02384	23,84	0,02
Quebrada La Raicita	10,1	12,4	0,00387	0,39%	0,39	0,025	0,06	0,80	0,00495	4,95	0,01

ELABORACIÓN PROPIA (2017)

De la anterior tabla elaborada gracias a la información primaria[152] y secundaria[153] recolectada y a la formulación de flujo en canales abiertos propuesta por Robert Manning en 1889, se puede confirmar la hipótesis que señala que la dinámica fluvial de los cuerpos de agua locales es distinta de la de los grandes ríos, puesto que las pendientes en los ríos son más bajas que en las quebradas en un orden de magnitud, pero las velocidades encontradas en el río son superiores a las de las quebradas en un orden de magnitud. Igualmente, la diferencia entre caudales para un mismo día es abismal teniendo que el río pescado supera 189 veces el caudal de la quebrada La Morrocoy y 2331 veces la Quebrada La Raicita.

Es reconocido que cauces como el río Pescado (meándricos) tengan las pendientes más bajas entre los tipos de ríos en el planeta[154] tengan las pendientes más bajas entre los tipos de ríos que hay en el planeta y por consiguiente se esperaría que tuviesen las velocidades más bajas en la región, situación que no se da al comparar las velocidades entre el río y las quebradas de la región, debido a que las velocidades del agua no solo tienen relación con la pendiente del lecho sino también dependen de la rugosidad.

Para ajustar el modelo se encuentran coeficientes de rugosidad (n Manning) entre 0,39 y 0,84, los cuales están un orden de magnitud arriba de los valores típicos y teóricos para quebradas aparentemente similares, es decir las bajas velocidades encontradas en las quebradas dependen significativamente de la rugosidad, teniéndose valores pertenecientes a macro rugosidades, que se pueden atribuir a condiciones de zonas con pendientes nulas en el recorrido de la quebrada, zonas de pozo o piscina, dato que apoya la hipótesis de que quebradas como La Raicita y La Morrocoy funcionan como un cuerpo de agua léntico (humedal) si se dan las circunstancias de lluvias y niveles adecuados en los grandes ríos, situación que tiene probabilidad en épocas como mayo-julio donde los niveles del río Orteguaza se elevan hasta 2,5 m y el régimen de lluvias local supera 3 a 1

[152] Levantamiento de puntos y niveles por GPS tipo Garmin 64s y 4 Aforos de Caudal Liquido por vadeo con equipo nivel y mira topográfica y Micromolinete de cacerolas y 3 Aforos de Velocidades por flotadores.
[153] DEM SRTM90, Google Earth, IDEAM, IGAC, HidroSIG 4.0.
[154] Martin Vide, J.P. *Ingeniería de Ríos*,2003

el régimen de evapotranspiración local generándose la condición necesaria para que se cumpla esta hipótesis.

Adicional a esta información se presentan los resultados del Balance Hídrico a largo plazo, partiendo de la información media mensual multianual del IDEAM para las estaciones anteriormente señaladas teniendo que:

TABLA 22. CAUDALES DE SALIDA DEL BALANCE HÍDRICO A LARGO PLAZO PARA LOS PUNTOS DE CONCENTRACIÓN DE INTERÉS.

Cuerpo de Agua	Caudal medio (m3/seg)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P efectiva (mm)	7,645	105,132	201,029	315,726	329,372	311,565	262,550	144,548	127,255	153,971	127,094	26,357	2063,069
Quebrada La Rochela	0,073	1,009	1,929	3,029	3,160	2,989	2,519	1,387	1,221	1,477	1,219	0,253	1,649
Quebrada La Morrocoy	0,091	1,245	2,380	3,738	3,900	3,689	3,109	1,712	1,507	1,823	1,505	0,312	2,035
Quebrada La Raicita	0,036	0,496	0,949	1,491	1,555	1,471	1,239	0,682	0,601	0,727	0,600	0,124	0,811

ELABORACIÓN PROPIA (2017).

Para agosto, mes donde se realizaron los trabajos de campo de esta investigación participativa, los caudales medios esperados o deducidos del balance hídrico superan en más de 60% los caudales medidos, lo que pone de manifiesto que la suposición de un balance hídrico a largo plazo puede despreciar el almacenamiento en la cuenca a escala mensual.

Esta diferencia debe corresponder a un volumen de agua que cayó en la zona, que no pudo evapotranspirar, que no pudo escurrir directamente, pero que seguramente se almacenó por procesos de infiltración en el suelo, siendo esta una época de recarga o de elevación del nivel freático en el suelo, el cual podría ceder este almacenaje en otras épocas como enero, donde los caudales esperados están por debajo de los caudales medidos en agosto, pero que por testimonio local, experiencia de los habitantes de la región y análisis a los niveles del río anteriormente presentada, no tienden a disminuir significativamente de un mes al otro.

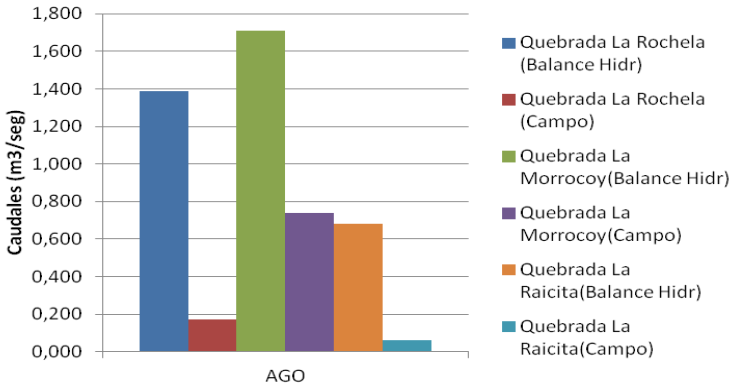


FIGURA 116. DIFERENCIA ENTRE CAUDALES MEDIDOS Y DEDUCIDOS PARA EL MES DE AGOSTO EN LAS QUEBRADAS LA ROCHELA, LA MORROCOY Y LA RAICITA
ELABORACIÓN PROPIA (2017)

Para enero se tiene que una diferencia de caudales, que no cayó en lluvia, que no se evapotranspiró, pero que alimentó las quebradas debe proceder de zonas de almacenaje (humedales o acuíferos) que se recargan en otras épocas como junio o agosto. Este ciclo se da continua y anualmente en la región rural entre Morelia, Valparaíso y Milán Caquetá (APE El Nogal). Esto es coherente con lo establecido en el modelo hidrogeológico conceptual en el marco de este trabajo.

2.4.8 Riesgos asociados al petróleo para el territorio analizado

El petróleo es un sector que requiere de elementos naturales como el agua para preparar concretos y lodos necesarios en las operaciones de construcción y adecuación de las instalaciones para la extracción y transporte de crudo. Las aguas usadas son superficiales, pues aguas profundas enriquecidas químicamente pueden generar reacciones químicas indeseables en procesos como el curado y desarrollo de resistencias en los concretos, por lo que necesariamente se generarían captaciones en ríos y quebradas. Lo que fueron caracterizados localmente (quebradas La Raicita, La Morrocoy y La Rochela) podrían sufrir estrés o déficit hídrico en ciertas épocas como en final y principio de año, lo que conllevaría a comprometer el caudal ambiental que alimenta cochas y chuquias que a su vez soporta los ecosistemas locales.

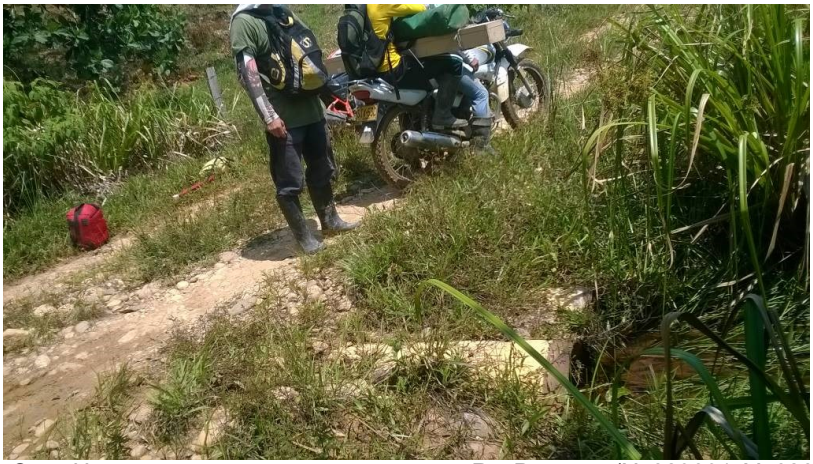
Otro elemento importante de necesidad de la exploración y explotación petrolera son los materiales pétreos que se requieren para adecuar o construir la infraestructura vial por la que operaría el tráfico pesado (tracto camiones, camiones cisterna y doble troques). Dadas las características predominantemente lodosas del lomerío en la región, muy probablemente se extraiga material de arrastre proveniente de lechos de ríos de zonas cercanas a Morelia y Florencia como el río Hacha, instalándose o importándose el volumen de material necesario para que este tráfico pueda operar eficientemente (30 - 60 km/hora) y para que las operaciones tengan continuidad a lo largo del año, lo que conlleva a que los mejoramientos viales eleven el nivel de su banca lo suficiente para que estas vías no se inunden, generándose posibles ocupaciones de cauce, lechos y playas de cuerpos de agua presentes en la región.

Entendiéndose que en la región existen dinámicas fluviales complejas estas elevaciones de nivel pueden generar rupturas en la conectividad hidráulica de humedales y chuquias, lo que comprometería a largo plazo los ecosistemas y los caudales medios esperados.

Una evidencia de este tipo de impactos se encontró en el trabajo de campo hecho en agosto de 2017, donde en la llanura de inundación del río Pescado (Vereda La Curvinata, coordenadas Magna Sirgas Datum Bogotá X=829391 y=626000), a un costado de la plataforma existente de un pozo estratigráfico presente en la región, la conformación de la vía de acceso utilizó material de arrastre de río de piedemonte (gravas y bolos) material no presente en la región, lo que indica que fue traído en vehículos pesados y utilizaron además dos tubos de acero negro al carbón de 8 a 10" de diámetro *schedule* superior a 10, de uso cotidiano del sector petrolera nacional, utilizada frecuentemente para líneas de flujo y tubos conductores de contrapozos. Los tubos hicieron parte de una obra para garantizar la vida útil de la vía y probablemente para mitigar el impacto de realzar los niveles de la vía en una zona inundable de la llanura de inundación del río Pescado.

Esta obra que requirió de un permiso de ocupación de cauces[155] debió estudiar la dinámica fluvial de esta zona de inundación, con el objetivo de viabilizar las alternativas para conformar la vía en estas geomorfologías, por lo que ésta consultoría solicitó a Corpoamazonía (en Florencia, Caquetá), con radicación mediante oficio del día 8 de agosto de 2017, aclaración e información sobre permisos radicados ante esta autoridad competente para las coordenadas señaladas. Se obtuvo una respuesta de Corpoamazonía teniéndose respuesta donde es claro que ellos no tienen conocimiento del responsable de dicha obra e incluso solicitan que se aclare la responsabilidad de dicha infraestructura, sitación que no responde la solicitud de fondo. Los testimonios locales relacionan las obras a la construcción del pozo estratigráfico aledaño.

Estas situaciones no son ajenas al sector petrolero y se tienen impactos no cuantificados por la intervención negativa que ha significado la construcción de terraplenes en zonas de baja pendiente de los llanos colombianos.



FOTOGRAFÍA 111. OBRA HIDRÁULICA EN LLANURA DE INUNDACIÓN RÍO PESCADO (X=829391, Y=626000), VEREDA LA CURVINATA (2017)



FOTOGRAFÍA 112. OBRA HIDRÁULICA EN LLANURA DE INUNDACIÓN RÍO PESCADO (X=829391, Y=626000), VEREDA LA CURVINATA (2017)

[155] FORMULARÍO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE OCUPACION DE CAUCES, PLAYAS Y LECHOS Base legal: Ley 99 de 1993, Decreto LEY 2811 DE 1974 ,Decreto 1541 DE 1978

Otro tema de preocupación en relación con los caudales de captación en las quebradas, es el reconocimiento por parte del EIA del uso de aguas superficiales para la reinyección de vapor de agua en las fases de pruebas de "producción" como se menciona en la Tabla 7-2, donde se muestra el caudal solicitado para reinyección de vapor de agua (3,1 Lts/seg) superando el 50% del caudal solicitado por punto (6 Lts/seg), esto indica que para la quebrada la Raicita en el sitio de captación proyectado y bajo la afirmación de la Tabla 7-4 del EIA donde su área aferente no supera el kilómetro cuadrado, más de la mitad del caudal crítico en verano (flujo base ≈ 6,8 Lts/km^2) se destinaría para uso petrolero, situación que se debe analizar con mayor detalle, teniendo un mejor conocimiento de los caudales de estos cuerpos de agua a lo largo del año y considerando épocas con influencia del ENSO.

Los caudales encontrados por Terrae son mucho menores que los caudales presentados en la tabla 7-5 y 7-6 por el EIA, donde la diferencia de caudales medios mensuales multianuales para la Quebrada La Raicita es de cerca de 5,7 m^3/seg, diferencia aún más notoria si se analizan los caudales mínimos que se presentan para la quebrada La Raicita en la Tabla 7-7 del EIA donde se señala que el caudal mínimo a encontrar sería de 1,11 m^3/seg en la época de mayor estiaje (enero), situación que ni siquiera se encontró para un agosto donde las expectativas son de caudales mayores, encontrando Terrae un caudal de 0,06 m^3/seg, 18 veces menor al mínimo garantizado por el EIA del APE El Nogal Caquetá.

2.5 Calidad de agua

El agua dulce es un elemento natural finito, esencial para la agricultura, la industria y la existencia humana. Sin agua dulce de cantidad y calidad adecuadas, el desarrollo sostenible no sería posible. La descarga de sustancias químicas tóxicas, el bombeo excesivo de acuíferos, el transporte atmosférico de contaminantes a gran distancia y la contaminación de cuerpos de agua con sustancias que promueven el crecimiento de algas (que posiblemente conducen a la eutroficación) son algunas de las principales causas de degradación de la calidad del agua (WHO, 1996[156]).

Por lo anterior, es vital monitorear y hacer un seguimiento de los comportamientos de los cuerpos de agua en cuanto a sus características fisicoquímicas y biológicas, de tal manera que la información recogida permita realizar un control de la contaminación, así como proponer actividades específicas de gestión y perspectivas para el futuro.

2.5.1 Metodología

Para realizar el levantamiento ambiental rápido del componente de calidad del agua se realizó visita de campo entre el 2 y el 9 de agosto de 2017 en la zona rural de los municipios de Morelia y Valparaíso, departamento del Caquetá. La visita incluyó toma de datos *in situ* y toma de muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio. Esto con el fin de obtener información de las condiciones fisicoquímicas de las distintas fuentes

[156] World Health Organization; Jamie Bartram & Richard Balance. (1996). *Water Quality Monitoring; A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.* London.

hídricas de la zona estudiada. A continuación serán descritas cada una de las actividades realizadas durante la visita.

2.5.1.1 Determinación de parámetros a analizar

Como se describió anteriormente, se realizó toma de datos *in situ* de diferentes parámetros indicativos de la calidad del agua y la recolección de muestras de agua superficial y subterránea (ver Tabla 23).

Los datos físicoquímicos de agua se tomaron con un medidor multiparamétrico HI 98195 de la marca HANNA INSTRUMENTS, el cual cuenta con una sonda con cable de 4 metros (13,1'), con sensores de pH/redox, y conductividad eléctrica (CE). Los parámetros *in situ* analizados fueron: pH, conductividad, sólidos disueltos totales (TDS), potencial de oxidorreducción (ORP) y temperatura.

TABLA 23.PARÁMETROS ANALIZADOS EN LOS PUNTOS DE MONITOREO Y EN LAS MUESTRAS DE AGUA LLEVADAS AL LABORATORIO

Parámetro	
Parámetros *in situ*	pH
	Conductividad
	Temperatura
	Potencial de óxido reducción (ORP)
	Sólidos disueltos totales (TDS)
Parámetros Laboratorio	Demanda química de oxigeno (DQO_5)
	Sólidos suspendidos totales (SST)
	Sólidos sedimentables (SSED)
	Grasas y Aceites
	Fenoles totales
	Hidrocarburos totales del petróleo (HTP)
	Cloruros (Cl^-)
	Sulfatos (SO_4^{2-})
	Aluminio (Al)
	Arsénico (As)
	Bario (Ba)
	Cadmio (Cd)
	Cobre (Cu)
	Cromo hexavalente (Cr^{+6})
	Plomo (Pb)
	Selenio (Se)
	Zinc (Zn)

LISTADO DE PARÁMETROS ANALIZADOS *IN SITU* Y EN LAS MUESTRAS DE AGUA LLEVADAS AL LABORATORIO LUEGO DE SU RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE
ELABORACIÓN PROPIA

Para la selección de los parámetros analizados en laboratorio, los principales criterios fueron las condiciones y el tiempo de almacenamiento máximo de las muestras antes de su análisis. Esto, debido a que para análisis de parámetros como demanda biológica de oxígeno (DBO), fosfatos, nitratos, nitritos y sustancias activas al azul de metileno (SAAM), lo recomendable es un tiempo máximo de 48 horas para el almacenamiento de las

muestras de agua (IDEAM, s.f)[157]; tiempo que no habría sido posible cumplir debido a la falta de un laboratorio acreditado cerca de la zona y por las limitaciones de logística.

Por el contrario, se seleccionaron los parámetros para análisis de laboratorio mostrados en la tabla anterior, que en su mayoría pueden ser analizados de las muestras de agua con un tiempo máximo de 28 días. Adicionalmente, estos parámetros son en su mayoría sustancias definidas por el decreto 1594 de 1984 como sustancias de interés sanitario.

En la siguiente tabla, se muestran los valores máximos permisibles de los criterios de calidad del agua superficial para consumo humano, uso agrícola y pecuario y para la preservación de flora y fauna, definidos en los artículos 38, 39, 40, 41 y 45 del decreto 1594 de 1984. Las sustancias o parámetros allí mostrados representan aquellos que se encuentran dentro de los analizados por medio de los parámetros *in situ* y de las muestras de laboratorio definidos para el levantamiento ambiental independiente realizado por Terrae.

De tal forma que, la interpretación de los resultados aportados por los datos del análisis de laboratorio y la toma de datos de parámetros *in situ*, se realizará con base en los artículos mencionados del Decreto 1594 de 1984.

TABLA 24. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA DESTINACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO, USO AGRÍCOLA Y PECUARIO Y PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA

Referencia	Expresado como	Valor [mg/L]				
		Artículo (Decreto 1594 de 1984)				
		38	39	40	41	45
Aluminio	Al	--	--	5	5	--
Arsénico	As	0,05	0,05	0,1	0,2	0,1 CL[9650]
Bario	Ba	1	1	--	--	0,1 CL[9650]
Cadmio	Cd	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01 CL[9650]
Cinc	Zn	15	15	2	25	0,01 CL[9650]
Cloruros	Cl^-	250	250	--	--	--
Cobre	Cu	1	1	0,2	0,5	0,1 CL[9650]
Comp. fenólicos	Fenol	0,002	0,002	--	--	--
Cromo	Cr^{+6}	0,05	0,05	0,1	-1	0,01 CL[9650]
Grasas y aceites	Grasas (% de sólidos secos)	--	--	--	--	0,01 CL[9650]
pH	Unidades pH	5,0 - 9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	--	5,5-9,0 AFD 4,5-9,0 ACD
Plomo	Pb	0,05	0,05	5	0,1	0,01 CL[9650]
Selenio	Se	0,01	0,01	0,02	--	0,01 CL[9650]
Sulfatos	SO_4^{2-}	400	400	--	--	--

INFORMACIÓN TOMADA DEL DECRETO 1594 DE 1984. DISPONIBLE EN LÍNEA: HTTP://WWW.ALCALDIABOGOTA.GOV.CO/SISJUR/NORMAS/NORMA1.JSP?I=18617

[157] IDEAM. (s.f). Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Bogotá D.C.

2.5.1.2 Selección de puntos de monitoreo

Los 2 y 3 de agosto de 2017, se realizó un taller en la Vicaría del Sagrado Corazón de Jesús en Morelia, al cual asistieron diversos representantes de la comunidad. En dicho taller, se recolectó información que sirvió de base para definir varios aspectos relacionados con la selección de los sitios de monitoreo que se visitarían por parte del componente calidad del agua para la toma de datos de parámetros *in situ* y para la recolección de muestras de agua.

Con ayuda de los asistentes se llegó a determinar que las principales fuentes de agua superficiales, por su importancia como fuente de agua para consumo humano y para uso agrícola y pecuario, eran los ríos Pescado y Bodoquero y las quebradas La Rochela, La Raicita, La Cusumba, La Cándido, La Morrocoy, La Cacho, Carnicerías y La Pradera. Por tanto, se determinó que éstos serían los cuerpos de agua superficiales que se visitarían para la toma de parámetros *in situ*, recolectando muestras de agua para análisis de laboratorio de los más representativos.

Otro aspecto importante tenido en cuenta para la selección de los sitios de muestreo/análisis *in situ*, fue la captación de aguas de cinco (5) cuerpos de agua superficial propuestos por la compañía Emerald Energy. Dentro del EIA la compañía plantea lo siguiente:

> *"Realizar captación de aguas superficiales de las quebradas La Raicita, Morrocoy y La Rochela y los ríos Pescado y Bodoquero, Caudal solicitado: 6 l/s por punto. Se solicita poder captar de hasta 3 puntos de forma simultánea"*[158]

De esta forma, se determinaron las zonas cercanas a estos sitios de captación como zonas de desarrollo industrial potencial. Por esto, se visitaron los puntos seleccionados de las quebradas La Raicita, La Morrocoya y La Rochela y los ríos Pescado y Bodoquero y se tomaron muestras de agua para análisis de laboratorio de cuatro (4) de las cinco (5) fuentes de agua propuestas.

Adicionalmente, se concluyó que en la zona existe una amplia cantidad de manantiales, y que cada vivienda se abastece de agua para uso doméstico y consumo humano principalmente de nacimientos de agua denominados moyas y que existen muy pocos aljibes, de los cuales, los de la Escuela La Florida y del predio de don Simeón son los más representativos. Todos ellos dentro de la clasificación de aguas subterráneas someras.

La siguiente figura presenta la ubicación geográfica de cada uno de los puntos muestreados. Para dicha selección, se tuvo en cuenta el área de perforación exploratoria (APE) propuesta por Emerald Energy y se buscó tomar muestras de agua de los ríos Pescado y Bodoquero aguas arriba y aguas abajo del APE. Asimismo, se buscó tomar muestras de agua de las quebradas cerca de su desembocadura en los ríos. Para un mejor detalle de los puntos incluidos dentro la toma de parámetros *in situ* y del muestreo ver Tabla 25.

[158] Emerald Energy- C&MA. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 3. Pagina 3-9.

TABLA 25. PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Tipo	ID	Punto de monitoreo	Muestra Lab	Coordenadas Datum Magna sirgas/Origen Bogotá	
				E	N
Quebradas	JT01	Q. La Rochela 1	NO	834912	632321
	JT02	Q. La Rochela 2	NO	835195	632120
	JT04	Q. La Morrocoy	NO	825350	629101
	JT05	Q. La Cusumba	SI	827922	628103
	JT07	Q. La Rochela 3	SI	837836	631231
	JT09	Q. La Arenosa	NO	837930	626591
	JT10	Q. La Raicita	SI	833475	626459
	JT11	Q. La Candidito	NO	831230	628183
	JT13	Q. La Cacho	SI	825259	624548
	JT16	Q. Carnicerías	NO	831255	640024
Ríos	JT06	Río Bodoquero 2	SI	838063	632939
	JT08	Río Orteguaza	NO	838290	627797
	JT12	Río Pescado 2	SI	831084	627774
	JT14	Río pescado 1	SI	823009	623414
	JT15	Río Bodoquero 1	SI	830130	642500
Manantiales	JTM01	Manantial 1	NO	832963	632703
	JTM02	Manantial 2	NO	832663	632519
	JTM05	Manantial 3	NO	828030	633409
	JTM06	Manantial 4	NO	827990	633409
Moyas	JTM03	Moya 1	NO	833169	632903
	JTM04	Moya 2	NO	832239	634109
	JTM07	Moya 3	NO	828083	633295
Aljibes	JTA01	Aljibe don Simeón	NO	826072	621802
	JTA02	Aljibe Escuela Florida	SI	826980	621484
Lagunas	JT03	Laguna NN	NO	827999	633249

IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO VISITADOS PARA EL LEVANTAMIENTO INDEPENDIENTE DE DATOS DE CALIDAD DEL AGUA
ELABORACIÓN PROPIA

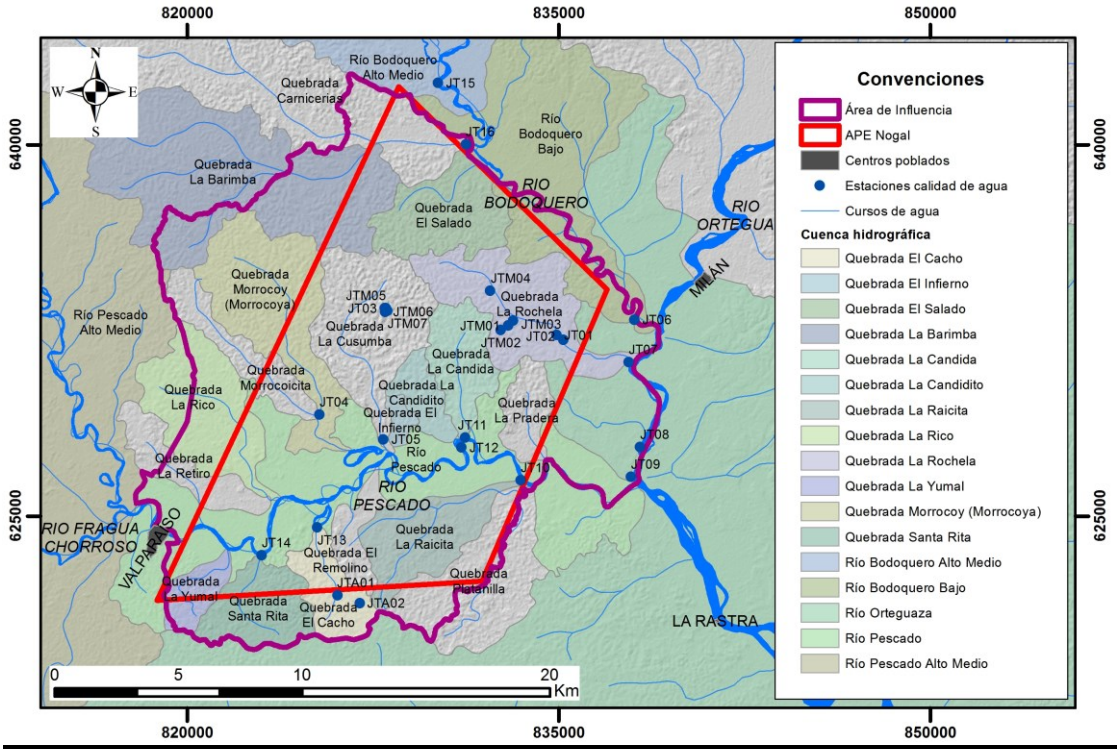


FIGURA 117. LOCALIZACIÓN GENERAL DE PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS
ELABORACIÓN PROPIA

2.5.1.3 Toma de parámetros in situ

Los datos físico-químicos de agua se tomaron con un medidor multiparamétrico HI 98195 marca HANNA INSTRUMENTS, el cual cuenta con una sonda con cable de 4 metros, con sensores de pH/redox, y conductividad eléctrica (CE). Este instrumento monitorea 10 parámetros de los cuales se emplearon 5 (pH, Potencial de oxidoreducción-ORP, temperatura, CE y sólidos disueltos totales-TDS) para el análisis de la calidad del agua. Para realizar cada medición, fue necesario calibrar este equipo 24 horas antes del inicio de la fase de campo, siguiendo las recomendaciones del manual de operación. Además, se realizó una limpieza exterior de los sensores empleando agua destilada inmediatamente después de su uso entre cada muestreo.

La medición se realizó de tal manera que la sonda se encontrara a una profundidad suficiente para que los sensores se sumergieran por completo en el agua. Después de sumergida, se procedía a anotar y registrar los valores proporcionados por el equipo luego de la estabilización de los mismos. Adicionalmente, se registraron las coordenadas del sitio de muestreo mediante equipos GPS.

En todas las moyas, manantiales y algunas quebradas y ríos donde se podía acceder fácilmente, la sonda fue sumergida cerca de la superficie, como se muestra en las Fotografías 113 y 114. Para los ríos y quebradas a los que se accedió en canoa, la medición se realizó más alejada de la superficie del suelo permaneciendo sobre la canoa, como se puede observar en la Fotografía 115. Finalmente, para los aljibes se tomó una muestra de agua empleando un balde de plástico. Este balde, se purgó varias veces con el agua del aljibe y se llenó de agua de tal forma que la sonda se pudiera sumergir completamente como se muestra en la Fotografía 116.



FOTOGRAFÍA 113. MEDICIÓN DE PARÁMETROS *IN SITU* REALIZADA EN MOYA
ZONA DE FÁCIL ACCESO



FOTOGRAFÍA 114. MEDICIÓN DE PARÁMETROS *IN SITU* REALIZADA EN RIO
ZONA DE FÁCIL ACCESO



FOTOGRAFÍA 115. MEDICIÓN DE PARÁMETROS *IN SITU* REALIZADA EN QUEBRADA
SOBRE CANOA



FOTOGRAFÍA 116. MEDICIÓN DE PARÁMETROS *IN SITU* REALIZADA EN ALJIBE
EMPLEO DE BALDE

2.5.1.4 Recolección y almacenamiento de muestras de agua

Antes de iniciar el muestreo, se definió la forma como serían tomadas las muestras teniendo en cuenta diferentes aspectos como el espacio disponible, el tipo de recipiente, el transporte, entre otros. De esta forma, se determinó que el muestreo se haría de forma manual, ya que este se realiza en sitios de fácil acceso o en aquellos que por medio de ciertas adaptaciones se puede facilitar la toma de muestras (IDEAM, s.f)[159]. El tipo de muestra seleccionada fue puntual y fue tomada en un lugar representativo, debido a la poca disponibilidad de tiempo para tomar otro tipo de muestras, como la integrada, que se forma por la mezcla de varias muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente. Por tanto, se procedió a tomar las muestras de agua en un sitio puntual,

[159] Ibíd

empleando los envases respectivos, purgando los envases tres veces con el agua que sería muestreada, como se muestra en las Fotografías 117 y 118.



FOTOGRAFÍA 117. PURGA DE ENVASES REALIZADA PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA



FOTOGRAFÍA 118. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DE AGUA

Una vez definido el tipo de muestra y los parámetros a analizar, se procedió a alistar los envases suficientes para tomar todas las muestras y los envases adicionales en caso de pérdida, ruptura o contaminación de alguno de ellos durante la fase de recolección o transporte. Además, se procedió a alistar los preservantes, neveras y geles refrigerantes que serían utilizados para conservar las muestras durante su almacenamiento y transporte hacia el laboratorio.

Asimismo, se siguieron las recomendaciones para el tipo de envase, la preservación y el almacenamiento de muestras de agua propuesto por el IDEAM en la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas (ver Tabla 26). La fotografia 119 ilustra el almacenamiento de muestras de agua recolectadas en campo. Para ello se empleó una nevera de icopor, la cual contenia los envases y los geles refrigerantes para su conservación.

TABLA 26. REQUERIMIENTOS DE ENVASE, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Determinación	Tipo de recipiente	Volumen mínimo de muestra [mL]	Tipo de muestra	Preservación	Tiempo máximo
Demanda química de oxigeno (DQO_5)	P, V	500	s, c	Agregar H2SO4 hasta PH<2; refrigerar	28 d
Sólidos	P, V	200	s, c	Refrigerar	7d
Grasas y Aceites	V, boca ancha calibrado	1000	s, c	Agregar HCl hasta pH<2; refrigerar	28 d
Fenoles	P, V	500	s, c	Agregar H2SO4 hasta PH<2; refrigerar	28 d
Hidrocarburos totales (HTP)	V, boca ancha	1000	s, c	Agregar HCl hasta pH<2;	28 d

Determinación	Tipo de recipiente	Volumen mínimo de muestra [mL]	Tipo de muestra	Preservación	Tiempo máximo
	calibrado			refrigerar	
Iones	P, V	100	s, c	Refrigerar	28 d
Metales, general	P(A), V(A)	500	S	Filtrar, agregar HNO3 hasta pH<2	6 meses

RECOMENDACIONES DE ENVASE, PRESERVACIÓN Y TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO TENIDAS EN CUENTA PARA LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS
INFORMACIÓN TOMADA DE: IDEAM, S.F. GUIA PARA EL MONITOREO DE VERTIMIENTOS, AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS. BOGOTÁ D.C



FOTOGRAFÍA 119. ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS DE AGUA EN CAMPO.

2.5.2 Resultados e interpretación de datos

2.5.2.1 Resultados de parámetros in situ

Se realizó la toma de datos de parámetros *in situ* sobre los cuerpos de agua visitados durante la fase de campo. Los resultados de estos parámetros (pH, conductividad, TDS, ORP y temperatura) para los 25 puntos monitoreados se presentan en la siguiente tabla. Allí, se encuentran clasificados por tipo de cuerpo de agua (quebrada, río, manantial, moya, aljibe o laguna). En total se analizaron 8 quebradas, 3 ríos, 4 manantiales, 3 moyas, 2 aljibes y una laguna.

TABLA 27. RESULTADOS DE PARÁMETROS *IN SITU* TOMADOS EN LA FASE DE CAMPO

Tipo	ID	Punto de monitoreo	pH	Conductividad [µS/cm]	Temperatura [°C]	TDS [ppm]	ORP [mV]
Quebradas	JT01	Q. la Rochela 1	5,5	6	24,6	3	195
	JT02	Q. la Rochela 2	5,5	5	24,7	3	265
	JT04	Q. la Morrocoy	5,8	7	24,9	3	270
	JT05	Q. la Cusumba	5,7	9	25,2	4	268
	JT07	Q. la Rochela 3	5,7	9	24,9	5	205

	JT09	Q. la Arenosa	5,6	13	24,7	7	305
	JT10	Q. la Raicita	5,8	13	25,7	7	278
	JT11	Q. la Candidito	5,8	8	25,6	4	313
	JT13	Q. la Cacho	6,4	15	27,3	8	200
	JT16	Q. Carnicerías	5,7	8	25,3	4	250
Rios	JT06	Río Bodoquero 2	6,7	20	26,3	10	264
	JT08	Río Orteguaza	6,7	19	25,3	10	210
	JT12	Río Pescado 2	6,8	28	26,7	14	376
	JT14	Río pescado 1	7,1	28	26,0	14	157
	JT15	Río Bodoquero 1	6,7	16	24,0	8	205
Manantiales	JTM01	Manantial 1	4,4	35	27,3	17	287
	JTM02	Manantial 2	4,5	15	25,8	8	350
	JTM05	Manantial 3	4,8	9	25,7	5	322
	JTM06	Manantial 4	4,5	12	26,8	6	352
Moyas	JTM03	Moya 1	4,5	17	27,0	8	363
	JTM04	Moya 2	4,4	18	26,3	9	357
	JTM07	Moya 3	5,1	13	24,6	6	352
Aljibes	JTA01	Aljibe don Simeón	5,2	42	26,8	21	305
	JTA02	Aljibe Escuela La Florida	6,1	104	26,4	52	253
Lagunas	JT03	Laguna NN	5,3	7	27,2	3	300

RESULTADOS OBTENIDOS DE DATOS DE PH, CONDUCTIVIDAD, POTENCIAL DE OXIDORREDUCCIÓN (ORP), SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) Y TEMPERATURA SOBRE LOS CUERPOS DE AGUA ANALIZADOS DURANTE LA FASE DE CAMPO
ELABORACIÓN PROPIA

Potencial de hidrogeno (pH)

La determinación del pH del agua debe realizarse si es posible, *in situ*. Si esto no es posible, por ejemplo, con agua de pozo o cuando el acceso a un lago o río es muy difícil, la medición debe hacerse inmediatamente después de que se haya obtenido la muestra. Existen tres métodos diferentes de medición del pH: papel indicador de pH, indicadores colorimétricos líquidos y medidores electrónicos (pH-metro). Se prefiere emplear el tercer método ya que la medición electrométrica del pH es precisa y está libre de interferencias (WHO, 1996[160]).

Los resultados de pH obtenidos para todos los sitios visitados y descritos en la tabla anterior varían entre 4,4 y 7,1, siendo los menores aquellos tomados en manantiales y moyas y los mayores aquellos tomados en los ríos. La figura 118, es una representación de los resultados de pH obtenidos para los 25 cuerpos de agua monitoreados mediante la sonda multiparámetro.

[160] Ibíd

Como se mencionó en el párrafo anterior y como se puede observar en dicha Figura, las moyas y manantiales presentaron los valores más ácidos de pH, con un promedio de 4,5 y 4,7 respectivamente. Posteriormente, se encuentra la laguna que registró un pH de 5,3 y los aljibes con un promedio de pH de 5,7. Finalmente, las quebradas presentaron en promedio un pH de 5,8 y los ríos un pH de 6,8 casi neutro.

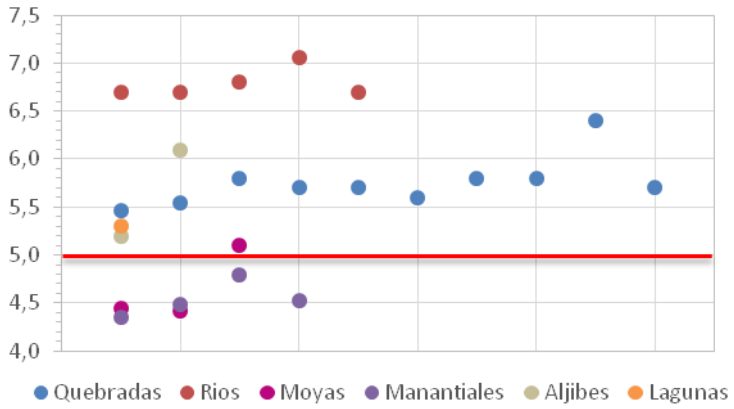


FIGURA 118. RESULTADOS OBTENIDOS PARA PH
VALORES DE PH CLASIFICADOS SEGÚN TIPO DE CUERPO DE AGUA, OBTENIDOS EN LOS 25 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS VISITADOS
ELABORACIÓN PROPIA

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en estudios realizados anteriormente en la zona, como es el caso del estudio elaborado por (Ricaurte L.F *et al.,* 2015)[161] del Instituto SINCHI. En esa investigación se visitaron tres (13) ríos y tres (13) humedales como lagos, cananguchales y bosques riparios y se determinó que la cuenca está influenciada por formaciones geológicas antiguas del batolito de Garzón, por lo cual todos los ambientes acuáticos asociados a la misma presentan aguas con pH ácido (4,8 a 6,7). Lo anterior podría ser cierto para los ríos que drenan la cordillera, pero no para las corrientes de agua menores, tales como las quebradas analizadas, donde quizá sea más importante la huella de las lluvias, que son abundantes a lo largo de todo el año.

La acidez en aguas naturales se debe especialmente a las reacciones que puedan presentar algunos de los constituyentes principales del agua natural, los cuales pueden reaccionar tanto con los iones hidrógeno como con los iones hidróxido y por lo tanto pueden proporcionar acidez o alcalinidad al agua. Las tres reacciones que son la mayor fuente de iones H^+ en aguas naturales son:

Hidrólisis: $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$

Disociación de ácidos: $H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$

Reacciones de oxidación: $H_2S + 4H_2O \leftrightarrow SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^-$

[161] Ricaurte, L.F.; Núñez-Avellaneda, M.; Pinilla, M.C.; Marín, C.A.; Velásquez-Valencia, A.; Alonso, J. C.; Mojica, J. I.; Betancourt, B.; Salazar, C.; Caicedo, D.; Acosta-Santos, A.; Castro, W.; Argüelles, J. H. (2015). *Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia.

Una vez formado, el H^+ puede ser almacenado y redistribuido por intercambio catiónico, pero este no es un proceso por el cual se producen iones H^+. El ácido también puede estar presente en el agua como resultado de contaminación (Hem J.D, 1970[162]).

Los resultados de pH en el agua de la zona podrían reflejar su interacción con el suelo, ya que se observa una tendencia con relación al tipo de cuerpo de agua. De manera que se planteó la siguiente hipótesis: a medida que el agua presenta mayor contacto con el suelo, como en el caso de manantiales y moyas, su pH tiende a ser más ácido debido a la acidez característica del suelo en la zona. Esto explicaría el pH ácido de los manantiales y moyas y el pH más cercano a neutro en los ríos.

En la región dominan los suelos de texturas finas, bien drenados, de colores pardo-amarillentos y rojizos. Desde el punto de vista de sus propiedades químicas, son ácidos, debido a que el 95% presenta valores de pH entre 4,5 y 5,8 (IGAC, 1993[163]). Esta acidez del suelo, característica de la región, es principalmente debida a procesos de meteorización química.

Según Zapata R.D. (2004[164]), la acidificación del suelo es un proceso espontáneo que se da durante la pedogénesis. Durante ella, ocurre una continua meteorización química, la cual consiste en una pérdida de cationes alcalino y alcalinotérreos (K^+, Na^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}) e incremento de cationes metálicos (Al^{+3}, Fe^{+3}, Mn^{+4}) que pueden sufrir hidrolisis ácida. Simultáneamente, se debe dar una salida de silicio en forma de Si(OH)° del suelo durante el anterior proceso. Esta hidrolisis produce en el suelo un pH cercano a 4,2. La tendencia acida es la más común en las meteorizaciones. Se encuentra en regiones de climas húmedos, en materiales porosos que permiten el flujo de agua y productos de la reacción hacia el drenaje. La reacción de hidrolisis y el tiempo de residencia del agua determinan la composición de las fases acuosa y sólida. Una característica de esta tendencia es el progresivo reemplazo de cationes alcalinos y alcalinotérreos por cationes metálicos (Al^{+3}, Fe^{+3}, Mn^{+4}), donde los ácidos son aportados por la biota.

Cuando la lluvia que cae durante gran parte del año sobre el suelo es mayor que la evapotranspiración, se produce el fenómeno de la lixiviación y salen del perfil los iones más solubles como K^+, Na^+, Ca^{+2} y Mg^{+2}, que no causan hidrólisis ácida. En el suelo quedan los iones que le confieren acidez, por la hidrolisis de estos, los cuales básicamente son los cationes metálicos Al^{+3}, Fe^{+3} y Mn^{+4}.

El efecto de precipitación sobre los cationes explica el hecho porque en las zonas más lluviosas se presentan los suelos más ácidos, con menos contenidos de cationes básicos, mayores contenidos de cationes metálicos que producen hidrolisis acida y, por consiguiente, un menor valor de pH. Esta es la causa por lo que a mayores precipitaciones, menor es el pH del suelo.

Todo lo anterior sugiere que en la zona estudiada donde se presentan los valores de pH más ácidos, se da un proceso de hidrólisis ácida entre la matriz sólida del suelo y el agua, participando igualmente el CO_2 de la atmósfera. Este proceso se desarrolla debido a los cationes metálicos (Al^{+3}, Fe^{+3}, Mn^{+4}) que se liberan del ataque protónico a los diferentes

[162] Jhon D. Hem. (1970). *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water.* Second edition. United states of America.
[163] Instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC. (1993). *Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá tomo I.* Bogotá D.C.
[164] Raul D. Zapata H. 2004. *Química de la acidez del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín

minerales que contienen Al, Fe o Mn y que constituyen el suelo, como por ejemplo los feldespatos.

En la zona estudiada se presenta en promedio la siguiente composición en el suelo: Caolinita 28,5%-59,0%, Illita 8,19%-25,9%, Esmectita 3,26%-20,9%, Clorita 4,9%-69% y Haloysita 3,7%-19,0% (SGC, 2015)[165]. Estos minerales contienen principalmente aluminio y hierro además de silicio, lo que podría representar la formación de iones Al^{+3} y Fe^{+3} así como una hidrólisis ácida de los mismos, proporcionando carácter ácido a los ambientes acuáticos que se encuentran en mayor contacto con el suelo.

Los resultados de difracción de rayos X (DRX) para una muestra tomada en zona de lomerío a una profundidad de 1,25 m en la vereda La Rochela, reportados y analizados en el la sección de geología, mostraron alto contenido de cuarzo (30,7%), goethita (27,7%) y haloisita (20,2%), además de presencia de minerales de arcilla como caolinita (10,3%), diquita (4,3%), micas como illita (4,4), y óxidos de titanio como la brookita 2 (2,4%), los cuales también se encuentran compuestos principalmente de hierro y aluminio.

Por otro lado, los resultados de pH obtenidos en ríos, quebradas, lagunas y aljibes cumplen con todos los criterios establecidos por el Decreto 1594 de 1984, mientras que, los resultados de pH bajos tomados en manantiales y moyas se encontraron por debajo del límite recomendable para consumo humano según los artículos 38 y 39 del mismo decreto, resaltados por medio de la línea roja en la Figura 118 (pH = 5).

Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (WHO,2007[166]) plantea que una relación directa entre la salud humana y el pH del agua potable es imposible de determinar, porque el pH está estrechamente asociado con otros aspectos de la calidad del agua, y los ácidos y bases que la componen son usualmente débiles y muy diluidos. No se considera necesario proponer un valor de referencia basado en la salud para el pH.

No obstante, debido a que el pH puede afectar el grado de disolución de ciertos metales, así como la eficacia de una desinfección, cualquier efecto sobre la salud es probable que sea indirecto y debido a una mayor ingestión de metales o una inadecuada desinfección. Además, valores extremos de pH, pueden provocar irritaciones de mucosas, órganos internos e incluso procesos ulcerosos (WHO, 2007[167]).

Finalmente, en relación con los datos reportados de pH en el EIA presentado por Emerald Energy, principalmente aquellos tomados en el año 2016, se tiene que, para las quebradas el pH reportado fue entre 5,1 y 5,7, mientras que el pH resultante del estudio independiente elaborado por TERRAE estuvo entre 5,5 y 6 en su gran mayoría, los cuales, son valores similares. Sin embargo, en el levantamiento ambiental de Terrae se realizó análisis de pH para ocho quebradas, mientras que en el EIA se realizó únicamente para cuatro.

Estas cuatro quebradas fueron La Morrocoya, La Raicita, La Cusumba y La Rochela y se encuentran igualmente analizadas de manera independiente. A pesar de que el monitoreo

---

[165] SGC (2015). *Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional identificados por el servicio geológico colombiano grupo 2: zonas sur a y sur b.* Servicio Geológico Colombiano. Bogotá, Colombia

[166] World Health Organization, 2007. *pH in drinking water*. Disponible en linea en http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ph_revised_2007_clean_version.pdf

[167] Op. cit.

no se realizó exactamente en los mismos sitios, ambos resultados se encontraron alrededor de pH 5, como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 28. COMPARACIÓN RESULTADOS DE PH

Punto de monitoreo		pH	
EIA Emerald E.	**TERRAE**	**EIA Emerald E.[168]**	**TERRAE**
Quebrada la Rochela - 2016	Q. la Rochela 1, 2 y 3	5,42	5,5 ; 5,5 ; 5,7
Quebrada la Morrocoya - 2016	Q. la Morrocoya	5,5	5,8
Quebrada la Cusumba – 2016	Q. la Cusumba	5,7	5,7
Quebrada la Raiz – 2016	Q. la Raicita	5,12	5,8
Rio Bodoquero – 2016	Río Bodoquero 1	6,06	6,7
Rio Bodoquero 2 – 2016	Río Bodoquero 2	5,9	6,7
Rio Pescado A – 2016	Río Pescado 1	5,94	7,1
Rio Pescado B – 2016	Río Pescado 2	6,25	6,8
Rio Orteguaza – 2016	Río Orteguaza	6,12	6,7

VALORES DE PH REPORTADOS POR EMERALD EN EL EIA, COMPARADOS CON LOS OBTENIDOS DE MANERA INDEPENDIENTE POR TERRAE.
ELABORACIÓN PROPIA

Para los ríos la diferencia fue más notoria, ya que, por ejemplo, el río Pescado presentó un valor de pH de 5,94 aguas arriba en el EIA, mientras que los resultados obtenidos de manera independiente por Terrae mostraron un valor de 7,1 a pesar de corresponder al mismo punto. El río Bodoquero aguas abajo también presentó valores de pH diferentes, con un valor de 5,9 reportado en el EIA y un valor de 6,7 obtenido por Terrae.

Referente a aguas subterráneas, en el EIA se midieron valores de parámetros *in situ* para 2 pozos, 2 aljibes y ningún manantial o moya. Mientras que, en este estudio realizado de manera independiente, se midieron valores de parámetros *in situ* para 2 aljibes, 4 manantiales y 3 moyas. Los valores de pH de los pozos reportados en el EIA fueron de 5,08 y 6,49. Por su parte, los valores de pH obtenidos de los aljibes reportados en el EIA fueron de 5,74 y 5,5. Estos últimos, comparables con los valores obtenidos de los 2 aljibes monitoreados en este estudio, los cuales presentaron valores de pH de 5,2 y 6,1.

Cabe resaltar, que el aljibe que presenta mayor valor de pH corresponde al aljibe de la Escuela la Florida, monitoreado de manera independiente por Terrae. Este aljibe, a diferencia de los demás, incluyendo aquellos monitoreados por Emerald Energy, presentaba un nivel de agua superior a 6 metros de profundidad en el momento de su monitoreo. Esto, presume una relación con los minerales del suelo, al igual que la relación analizada anteriormente para las moyas y los manantiales.

Conductividad y Sólidos disueltos totales (TDS)

La capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica se conoce como conductividad o conductancia específica y depende de la concentración de iones en solución. La medición debe realizarse *in situ* o en campo inmediatamente después de que se haya obtenido una muestra de agua, porque la conductividad cambia con el tiempo de almacenamiento. La conductividad también depende de la temperatura; por lo tanto, si el

[168] Emerald Energy-C&MA, 2017. *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 5.1.

medidor utilizado para medir la conductividad no está equipado con corrección automática de temperatura, se debe medir y registrar la temperatura de la muestra (WHO, 1996[169]).

La conductividad es una medida utilizada para determinar una serie de parámetros relacionados con la calidad del agua. Los principales son: la determinación de la mineralización, esto se denomina comúnmente sólidos disueltos totales y la determinación de cambios en el agua natural debido a reactivos químicos residuales vertidos que solubilizan ciertos iones en el agua.

Sólidos disueltos totales (TDS) es el término utilizado para describir las sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica presentes en solución en el agua. Los constituyentes principales son normalmente cationes de calcio, magnesio, sodio y potasio y aniones carbonatos, hidrogeno-carbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos. El método de determinación de TDS en el agua más comúnmente utilizado es la medición de la conductividad específica con una sonda de conductividad que detecta la presencia de iones en el agua. Las medidas de conductividad se convierten en valores TDS por medio de un factor que varía con el tipo de agua (WHO, 2003[170]).

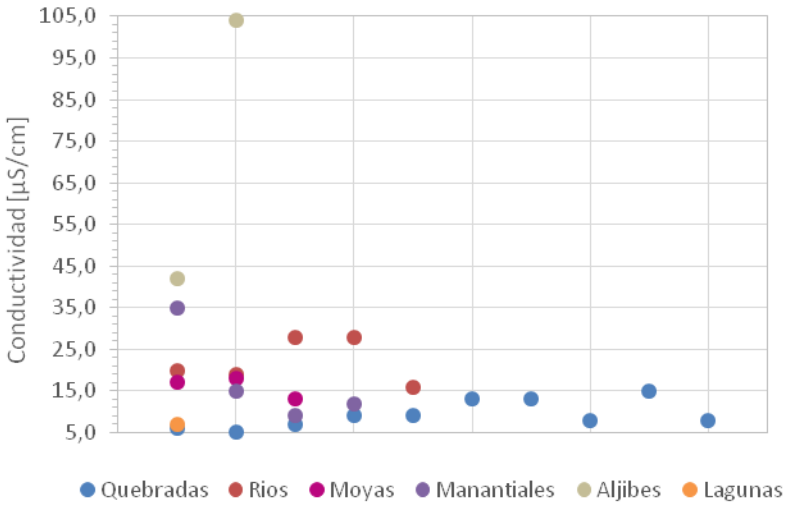


FIGURA 119. RESULTADOS OBTENIDOS PARA CONDUCTIVIDAD
VALORES DE CONDUCTIVIDAD CLASIFICADOS SEGÚN TIPO DE CUERPO DE AGUA, OBTENIDOS EN LOS 25 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS VISITADOS.
ELABORACIÓN PROPIA

En general, los valores de conductividad obtenidos y reportados en la Tabla 27 fueron muy bajos, con valores que variaron entre 5 y 104 µS/cm. El valor más bajo, fue el obtenido en la quebrada La Rochela y el más alto, el tomado en el aljibe de la Escuela La Florida. La siguiente figura es una representación de los resultados de conductividad obtenidos para los 25 cuerpos de agua monitoreados mediante la sonda multiparámetro.

Como se puede observar, la laguna presentó el valor de conductividad más bajo con relación al promedio de los demás cuerpos de agua con un valor de 7 µS/cm. Posteriormente, las quebradas presentaron valores de conductividad bajos con un promedio de 9,3 µS/cm, seguidas por las moyas y los manantiales con conductividades

[169] Ibíd
[170] World Health Organization. (2003). *Total dissolved solids in Drinking-water*. Disponible en linea en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf

promedio de 16 y 17,8 µS/cm, respectivamente. Después se encuentran los ríos con un promedio en conductividad de 22,2 µS/cm y finalmente los aljibes que presentaron los valores de conductividad más altos con 42 y 104 µS/cm.

Estos valores concuerdan con los proporcionados en el estudio realizado por Ricaurte L.F *et al.,* 2015[171]) del Instituto SINCHI donde se indicó que la mineralización es baja con valores entre 7 y 30 µS/cm. Los cuales coinciden con los obtenidos en el presente levantamiento ambiental, donde los valores de conductividad para los cuerpos de agua superficiales estudiados se encuentran entre 5 y 28 µS/cm. Estos valores de conductividad son bajos cuando se comparan con otras regiones de la Amazonia, como por ejemplo en el río Amazonas a la altura de Leticia, donde la conductividad es de 160 µS/cm (Ricaurte L.F *et al.,* 2015[172]).

Los sólidos disueltos totales (TDS), como se mencionó, poseen una estrecha relación con la conductividad, pues es la forma como se realiza la medición de estos de forma indirecta. Es por eso, que la tendencia de los puntos observada en la Figura 119, se observa igualmente en la siguiente figura, donde los valores más bajos de sólidos disueltos totales se presentan en la laguna y las quebradas y los más altos en los aljibes.

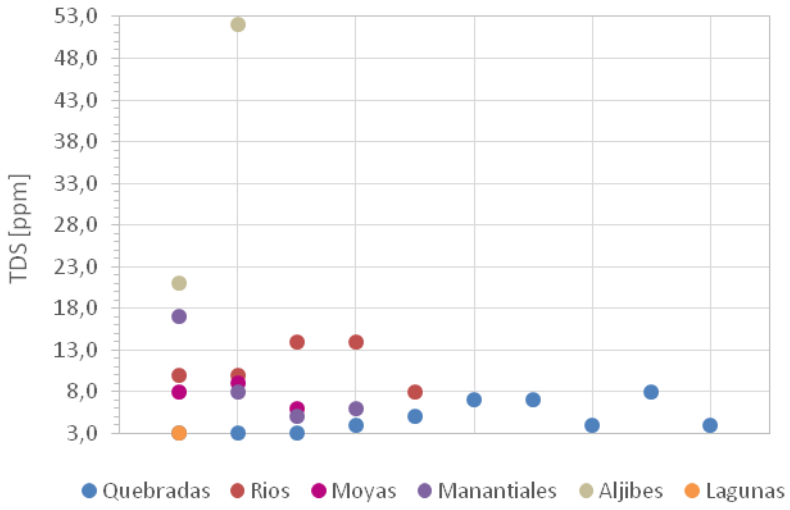


FIGURA 120. RESULTADOS OBTENIDOS PARA SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)
VALORES DE TDS CLASIFICADOS SEGÚN TIPO DE CUERPO DE AGUA, OBTENIDOS EN LOS 25 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS VISITADOS
ELABORACIÓN PROPIA

En la figura anterior se puede observar que la laguna presenta una concentración de TDS de 3 ppm, siendo la más baja, seguida de las quebradas con un valor promedio de 4,8 ppm. Posteriormente, las moyas y los manantiales presentaron concentraciones de TDS promedio de 7,7 y 9 ppm, respectivamente. Finalmente, se encuentran los ríos que presentan una concentración de TDS de 11,2 ppm en promedio y los aljibes que dieron como resultado los valores de TDS más altos, siendo 21 y 52 ppm.

[171] Ibíd
[172] Op. Cit.

Estos valores se encuentran dentro de los valores normales presentes en aguas naturales e incluso tienden a ser bajos. Se ha encontrado que las concentraciones de TDS de fuentes naturales varían desde menos de 30 mg/litro hasta 6000 mg/litro, dependiendo de la solubilidad de los minerales en diferentes regiones geológicas y que el agua que contiene concentraciones de TDS por debajo de 1000 mg/litro es usualmente aceptable para consumo humano (WHO, 2003[173]).

Por otro lado, no existe un valor límite recomendable para la conductividad ni para los sólidos disueltos totales en el agua de consumo humano. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud, afirma que a pesar de que no existen datos recientes sobre los efectos para la salud asociados con la ingestión de TDS en el agua potable; existen muchos estudios en los que se han investigado asociaciones entre diversos efectos sobre la salud y la dureza, en lugar del contenido de TDS (WHO, 2003[174]).

A pesar de que ni la conductividad ni los sólidos disueltos totales presentan una relación directa con la salud humada, sí son una medida indirecta de la cantidad de iones presentes en el agua, cationes como calcio, magnesio, sodio y potasio y aniones como carbonatos, hidrogeno-carbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos y demás iones que puedan estar presentes en el agua ya sea por fuentes naturales o industriales. En este sentido, en áreas donde el contenido de TDS es muy alto, los componentes individuales deben ser identificados. No se propone ningún valor de referencia basado en la salud para el TDS, sin embargo, existen límites permisibles para el agua de consumo humano disponibles para algunos de sus componentes, incluyendo boro, fluoruro y nitrato.

Concerniente a los datos tomados por Emerald E. y reportados en el EIA, se puede hacer una comparación para los cuerpos de agua monitoreados en común. Comparación que se presenta en las Tablas 29 y 30. Para la conductividad, los valores obtenidos de manera independiente fueron muy cercanos a aquellos reportados en el EIA. El valor que más presentó diferencia fue el de la quebrada La Raicita, para el cual se reporta un valor de 5,8 µS/cm en el EIA, mientras que el obtenido fue de 13 µS/cm. Para el resto de los valores, la diferencia no fue muy notoria.

En cuanto a las aguas subterráneas, los valores de conductividad de los pozos reportados en el EIA fueron de 12,33 y 68,4 µS/cm. Por su parte, los valores de conductividad obtenidos de los aljibes, igualmente reportados en el EIA son de 60,3 y 52,92 µS/cm. Estos últimos, comparables con los valores obtenidos de los 2 aljibes monitoreados en este estudio, los cuales presentaron valores de conductividad de 42 y 104 µS/cm.

TABLA 29. COMPARACIÓN RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD

Punto de monitoreo		**Conductividad [µS/cm]**	
EIA Emerald E.	**TERRAE**	**EIA Emerald E.[175]**	**Terrae**
Quebrada la Rochela - 2016	Q. la Rochela 1, 2 y 3	8,64	6 ; 5 y 9
Quebrada la Morrocoya - 2016	Q. la Morrocoya	6,9	7
Quebrada la Cusumba – 2016	Q. la Cusumba	8,76	9
Quebrada la Raiz – 2016	Q. la Raicita	5,8	13

[173] Ibíd
[174] Op. cit.

[175] Emerald Energy- C&MA. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 5.1.

Río Bodoquero – 2016	Río Bodoquero 1	26,7	24
Río Bodoquero 2 – 2016	Río Bodoquero 2	20,5	26,3
Río Pescado A – 2016	Río Pescado 1	27,1	26
Río Pescado B – 2016	Río Pescado 2	20,4	28
Río Orteguaza – 2016	Río Orteguaza	27,6	19

VALORES DE CONDUCTIVIDAD REPORTADOS POR EMERALD EN EL EIA, COMPARADOS CON LOS OBTENIDOS DE MANERA INDEPENDIENTE POR TERRAE
ELABORACIÓN PROPIA

Al igual que para pH, el aljibe que presenta mayor conductividad corresponde al de la Escuela La Florida, monitoreado de manera independiente por TERRAE.

Para los sólidos disueltos totales, las concentraciones fueron similares entre las obtenidas por Emerald E. y reportadas en el EIA y las obtenidas en la fase de campo independiente. Los puntos de monitoreo que más presentaron diferencias fueron los del río Bodoquero aguas arriba y el de la quebrada La Raicita, siendo 14,9 ppm para el río Bodoquero aguas arriba en el EIA, mientras que en el resultado obtenido de manera independiente fue de 8 ppm. Igualmente, para el punto de la quebrada La Raicita, donde el valor reportado para sólidos suspendidos totales en el EIA fue de 3,24 ppm mientras que en el resultado se obtiene una concentración de 7 ppm.

Los valores de TDS más altos reportados en el EIA correspondieron a los puntos de monitoreo del río Orteguaza aguas arriba con 15,5 ppm y el río Pescado con 15,1 ppm. Mientras que los valores más altos obtenidos en este levantamiento ambiental independiente corresponden a los puntos de monitoreo de los ríos Pescado, Bodoquero y Orteguaza. Siendo el valor más alto de 14 ppm para el río Pescado aguas arriba y aguas abajo, seguido del río Orteguaza y el río Bodoquero aguas abajo con una concentración de 10 ppm cada uno.

Para las aguas subterráneas, no se pudo realizar una comparación de TDS, ya que Emerald no reporta en el EIA valores ni en pozos ni aljibes monitoreados por Terrae.

TABLA 30. COMPARACIÓN RESULTADOS DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)

Punto de monitoreo		**TDS [ppm]**	
EIA Emerald E.	**TERRAE**	**EIA Emerald E.[176]**	**TERRAE**
Quebrada la Rochela - 2016	Q. la Rochela 1, 2 y 3	8,64	3 ; 3 y 5
Quebrada la Morrocoya - 2016	Q. la Morrocoya	3,86	3
Quebrada la Cusumba – 2016	Q. la Cusumba	4,90	4
Quebrada la Raiz – 2016	Q. la Raicita	3,24	7
Río Bodoquero – 2016	Río Bodoquero 1	14,9	8
Río Bodoquero 2 – 2016	Río Bodoquero 2	11,5	10
Río Pescado A – 2016	Río Pescado 1	15,1	14
Río Pescado B – 2016	Río Pescado 2	11,4	14
Río Orteguaza – 2016	Río Orteguaza	15,5	10

VALORES DE CONCENTRACIÓN DE SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS) REPORTADOS POR EMERALD EN EL EIA, COMPARADOS CON LOS OBTENIDOS DE MANERA INDEPENDIENTE POR TERRAE
ELABORACIÓN PROPIA

[176] Emerald Energy- C&MA. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 5.1.

Temperatura

La temperatura debe medirse *in situ* porque una muestra de agua alcanzará gradualmente la misma temperatura que el aire circundante. Si no es posible medir la temperatura *in situ,* se debe tomar una muestra de la ubicación correcta de la estación de muestreo y su temperatura se mide inmediatamente después de que se lleva a la superficie. La temperatura se puede medir con un termómetro de vidrio, ya sea de alcohol / tolueno o de mercurio, con graduaciones de 0,1 °C, o un termómetro electrónico del tipo que normalmente forma parte de un medidor de oxígeno disuelto o un medidor de conductividad (WHO, 1996[177]).

La temperatura obtenida en los 25 puntos de monitoreo fue muy variable y no se pudo observar una tendencia clara como en los parámetros anteriormente analizados. El rango de valores fue entre 24 y 27,3 °C (ver Tabla 27) y registraron un promedio de 26,2°C. La siguiente figura es una representación de los resultados de temperatura obtenidos para los 25 cuerpos de agua monitoreados mediante la sonda multiparámetro.

Lo observado en la Figura 4 es que los valores de temperatura más bajos corresponden a los puntos de monitoreo del río Bodoquero aguas arriba y la moya 3, con 24,0 y 24,6 °C, respectivamente. Mientras que los valores más altos correspondieron a los puntos de monitoreo de la quebrada La Cacho y el manantial 4, con valores de temperatura de 27,3 °C para cada uno.

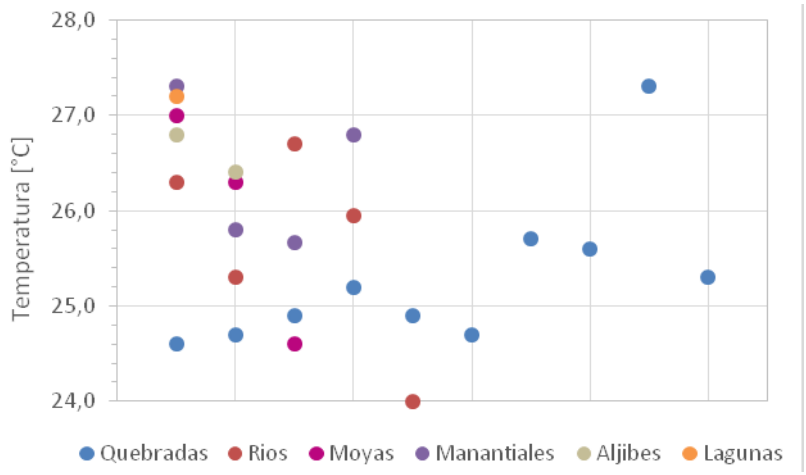


FIGURA 121. RESULTADOS OBTENIDOS PARA TEMPERATURA
VALORES DE TEMPERATURA CLASIFICADOS SEGÚN TIPO DE CUERPO DE AGUA, OBTENIDOS EN LOS 25 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS VISITADOS
ELABORACIÓN PROPIA

Estos valores tienen correspondencia con los reportados en el estudio realizado por (Ricaurte L.F *et al*., 2015)[178] del Instituto SINCHI. Allí se describió que la temperatura del agua registró valores entre 23 a 35,3 °C. Caso especial se presentó en las madreviejas El Galán y El Sánchez que, por ser sistemas lénticos desconectados de los ríos principales (Fragua Chorroso y Pescado, respectivamente) y por la baja profundidad, tuvieron los

[177] Ibíd
[178] Ibíd

valores más altos que corresponden a 32 y 35,3 °C[179]. Rango que coincide con los obtenidos en el presente levantamiento ambiental, donde los valores de temperatura para los cuerpos de agua superficiales estudiados se encuentran entre 24 y 27,3 °C.

La temperatura desempeña un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que regula o afecta otros factores abióticos como son: la solubilidad de sustancias, ya sean sólidas o gaseosas, el grado de toxicidad y las propiedades fisicoquímicas del medio acuoso como: pH, solubilidad, densidad, estado físico y viscosidad de diferentes sustancias. Al mismo tiempo regula la proliferación de bacterias y sus nutrientes. Por lo que es de esperarse, que a una mayor temperatura en el agua se presente una mayor solubilidad de sales y una menor solubilidad de gases.

Al comparar los valores obtenidos de temperatura de manera independiente con aquellos reportados por Emerald E. en el EIA, se obtiene la Tabla 9. Donde, a pesar de no corresponder en cuanto a la hora de monitoreo, se presentan variaciones muy notorias, como es el caso del punto de monitoreo del río Bodoquero aguas arriba y aguas abajo, con valores de temperatura de 29 y 29,7 °C reportados en el EIA, respectivamente, mientras que los valores arrojados por la sonda multiparámetro en la fase de campo fueron de 24 y 26,3 respectivamente.

TABLA 31. COMPARACIÓN RESULTADOS DE TEMPERATURA

Punto de monitoreo		Temperatura [°C]	
EIA Emerald E.	**TERRAE**	**EIA Emerald E.[180]**	**TERRAE**
Quebrada la Rochela - 2016	Q. la Rochela 1, 2 y 3	26,4	24,6 ; 24,7 ; 24,9
Quebrada la Morrocoya - 2016	Q. la Morrocoya	27,2	24,9
Quebrada la Cusumba – 2016	Q. la Cusumba	26	25,2
Quebrada la Raiz – 2016	Q. la Raicita	28,4	25,7
Río Bodoquero – 2016	Río Bodoquero 1	29	24,0
Río Bodoquero 2 – 2016	Río Bodoquero 2	29,7	26,3
Río Pescado A – 2016	Río Pescado 1	28,8	26,0
Río Pescado B – 2016	Río Pescado 2	29,1	26,7
Río Orteguaza – 2016	Río Orteguaza	27,3	25,3

VALORES DE TEMPERATURA REPORTADOS POR EMERALD EN EL EIA, COMPARADOS CON LOS OBTENIDOS DE MANERA INDEPENDIENTE POR TERRAE
ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a las aguas subterráneas, en el EIA se reporta un valor mínimo de temperatura de 26,1 °C ubicado en el aljibe San Marcos y una temperatura máxima en el punto aljibe Puerto México con un valor de 26,8 °C. Valores que se asemejan a aquellos obtenidos en los aljibes analizados de manera independiente por Terrae, los cuales presentaron valores de 26,8 y 26,4 °C.

[179] Ricaurte, L.F.; Núñez-Avellaneda, M.; Pinilla, M.C.; Marín, C.A.; Velásquez-Valencia, A.; Alonso, J. C.; Mojica, J. I.; Betancourt, B.; Salazar, C.; Caicedo, D.; Acosta-Santos, A.; Castro, W.; Argüelles, J. H. 2015. *Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia

[180] Emerald Energy- C&MA (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 5.1.

Potencial de oxidorreducción (ORP)

El potencial de oxidorreducción o potencial redox (Eh) es un valor relativo medido contra el punto 0 del electrodo normal de hidrógeno u otro electrodo secundario de referencia. Cualquier sistema o ambiente que acepte electrones de un electrodo normal de hidrógeno es una media celda con un potencial redox positivo. En contraposición, cualquier ambiente o sistema que done electrones al electrodo normal de hidrógeno se define como una media celda con un potencial redox negativo. El potencial redox se mide en milivoltios o voltios. Un valor Eh positivo y de alta magnitud es indicativo de un ambiente que favorece las reacciones de oxidación. Del otro lado, un valor Eh negativo y de baja magnitud es indicativo de un ambiente altamente reductor (UPRM, s.f.[181]).

El potencial de oxidorreducción obtenido en los 25 puntos monitoreados fue muy variable y al igual que la temperatura, no se puede observar una tendencia notoria. Estos valores se obtuvieron en un rango entre 157 y 363 mV como se muestra en la Tabla 27. La siguiente figura es una representación de los resultados de ORP obtenidos para los 25 cuerpos de agua monitoreados mediante la sonda multiparámetro.

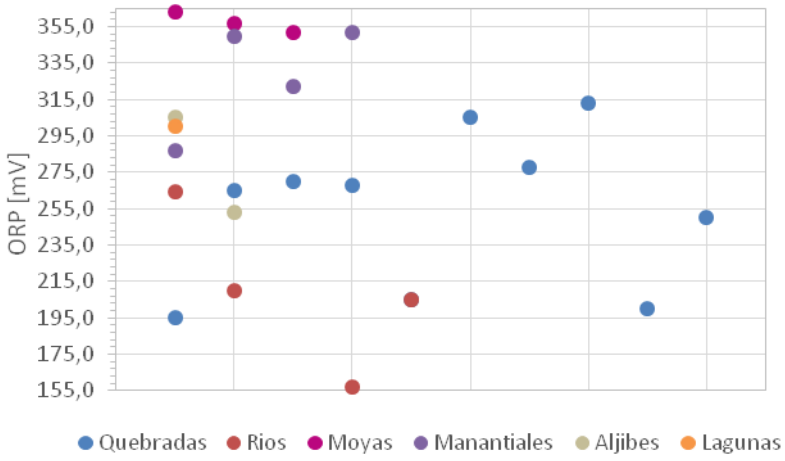


FIGURA 122. RESULTADOS OBTENIDOS PARA ORP
VALORES DE POTENCIAL DE OXIDORREDUCCIÓN (ORP), CLASIFICADOS SEGÚN TIPO DE CUERPO DE AGUA, OBTENIDOS EN LOS 25 PUNTOS DE MONITOREO DE AGUAS VISITADOS
ELABORACIÓN PROPIA

En esta gráfica, se observa que los valores más bajos del potencial redox, los obtuvieron los puntos de monitoreo correspondientes al río Pescado aguas arriba y a la quebrada La Rochela en el primer punto de monitoreo, con valores de ORP de 157 y 195 mV, respectivamente. Mientras que los valores más altos, los presentaron los puntos de monitoreo de las moyas con 363, 357 y 352 mV.

Se puede observar igualmente que las moyas y los manantiales presentan en general los valores más altos de ORP, lo que puede favorecer la proliferación de ciertas bacterias y afectar la salud de quienes consuman su agua, debido a que estos tipos de agua son los mayoritariamente empleados para consumo humano en la zona. Cabe aclarar, que en el presente estudio no se realizó determinación bacteriológica de las muestras analizadas.

[181] UPRM. (s.f). Recinto Universitario de Mayagüez. Manual de ecología microbiana, segunda parte: parámetros fisicoquímicos: potencial oxidorreducción. Disponible en línea en: http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-redox.pdf

Existe una estrecha relación entre el potencial redox y la actividad microbiana, esta actividad además de asegurar la existencia de las bacterias, genera otros procesos como el transporte ambiental de metales. Hay tres procesos microbianos importantes que afectan dicho transporte: primero, la degradación de la materia orgánica a compuestos de bajo peso molecular que son capaces de formar complejos con iones metálicos; segundo, las alteraciones de las propiedades fisicoquímicas del medio ambiente y de la forma química de los metales por actividades metabólicas, por ejemplo, el potencial de oxidación-reducción y las condiciones de pH; y tercero, la conversión de compuestos inorgánicos en formas organometálicas por medio de procesos oxidantes y reductores. Este tercer mecanismo implica la metilación bacteriana de una serie de elementos, por ejemplo, Hg, As, Pb, Se y Sn, en los que la metil-cobalamina parece ser el agente metilante biológico primario (Connell, D.W., 2005[182]).

La respuesta de un microorganismo a las condiciones de oxidación-reducción (redox) y pH, proporciona una visión de los ambientes donde el organismo puede ser encontrado. Para sobrevivir bajo cualquier condición, un microorganismo necesita un aceptor de electrones y un donante. Cuando se dispone de hidrógeno libre y oxígeno, la reducción del oxígeno al agua produce una transferencia de electrones. A medida que el potencial redox disminuye, otros aceptores de electrones cobran importancia. Algunas de las conversiones más importantes son la reducción de nitratos a nitrógeno gaseoso, dióxido de manganeso a Mn (II), hierro férrico a hierro ferroso y sulfato a sulfuro (Crittenden J. C., 2012[183]).

La mayoría de las bacterias operan en una gama de Eh donde las transformaciones para las que están diseñadas se realizan fácilmente. Por ende, las bacterias de hierro prefieren un pH bajo, pero Eh alto. Los reductores de sulfato (por ejemplo, *Desulfovibrio*) prefieren un pH más alto y un Eh muy bajo. Los denitrificantes funcionan bien a un pH neutro y bajo condiciones ligeramente anóxicas. La disponibilidad de estos aceptores de electrones a los microorganismos está influenciada no sólo por el potencial redox, sino también por el pH. La mayoría de las bacterias pueden funcionar en un rango de pH de 4 a 9, pero funcionan mejor en el rango de pH 6,5 a 8,5, mientras que algunas pueden tolerar valores de pH fuera de estos límites (Crittenden J. C., 2012[184]).

No existen valores de ORP recomendados en el agua de consumo humano, ni una relación de afectación a la salud directa de los mismos. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud sugiere que las mediciones de ORP se pueden utilizar para la supervisión operacional de la eficiencia de la desinfección en el tratamiento de agua potable. Es posible definir un nivel mínimo de ORP necesario para asegurar una desinfección eficaz. Sin embargo, este valor debe determinarse dependiendo del caso; no se pueden recomendar valores universales. La investigación y evaluación del potencial de oxidorreducción, es altamente deseable como una técnica de monitoreo operacional en el tratamiento del agua (WHO, 2006[185]).

---

[182] Des W. Connell. (2005). *Basic Concepts of Environmental Chemistry,* second edition. Boca Raton, USA.
[183] John C. Crittenden, R. Rhodes Trussell, David W. Hand, Kerry J. Howe and George Tchobanoglous. (2012). *MWH's Water Treatment: Principles and Design*, Third Edition. New Jersey, USA.
[184] Op. cit.

[185] World Health Organization. *(2006). Guidelines for Drinking-water Quality, first addendum to third edition*. Volume 1: Recommendations.

Estos valores obtenidos de potencial redox, no pueden ser comparados con los resultados proporcionados por el EIA, ya que en este no se realizó la determinación de dicho parámetro para aguas superficiales ni para aguas subterráneas.

2.5.2.2 Resultados de análisis en laboratorio

Durante la fase de campo se tomaron muestras de agua de 9 puntos de monitoreo que fueron enviadas al laboratorio Ambienciq Ingenieros S.A.S. acreditado por el IDEAM para el análisis de un total de 17 parámetros. El resumen de puntos y parámetros monitoreados se presenta en la siguiente tabla y el detalle de los resultados por parámetro analizado se presenta inmediatamente después.

TABLA 32. RESULTADOS DE PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO

		Punto de monitoreo								
		Q. la Cusumba	Río Bodoquero 2	Q. la Rochela 3	Q. la Raicita	Río Pescado 2	Q. la Cacho	Río pescado 1	Río Bodoquero 1	Aljibe esc. La Florida
Parámetro [mg/L]	**Cloruros**	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	DQO	18	16	<15	<15	<15	<15	44	17	<15
	Grasas y aceites	<0,9	<0,9	<0,9	1	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
	HTP	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
	Fenoles totales	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
	SST	50	36	6	6	18	<6	80	472	8
	SSED [mL/L-h]	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,3	<0,1
	Sulfatos	6	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	Aluminio	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	10,5	<2,0
	Arsénico	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	Bario	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
	Cadmio	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
	Cobre	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Plomo	<0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,006	0,006	0,001
	Selenio	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	Cinc	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03
	CromoVI	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

RESULTADOS OBTENIDOS DE PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE AGUA RECOLECTADAS DURANTE LA FASE DE CAMPO
DQO= DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, HTP= HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETRÓLEO,
SST= SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, SSED= SÓLIDOS SEDIMENTABLES.
ELABORACIÓN PROPIA

Demanda química de oxigeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del equivalente en oxígeno de la materia orgánica e inorgánica en una muestra de agua que es susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte, tal como el dicromato. La DQO es ampliamente utilizada como medida de la susceptibilidad a la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua y en los efluentes de las aguas residuales y las plantas industriales. La prueba para DQO no es específica, ya que no identifica el material oxidable ni diferencia entre el material orgánico e inorgánico presente. Sin

embargo, la DQO es una variable útil, rápidamente medida, para muchos desechos industriales y ha estado en uso durante varias décadas (WHO, 1996[186]).

Los resultados de DQO obtenidos se encontraron en un rango entre menor al límite de detección (15 mg O_2/L) y 44 mg O_2/L. Como se observa en la siguiente figura, cinco (5) de los nueve (9) puntos monitoreados reportaron valores menores al límite de detección que fueron los puntos correspondientes a las quebradas La Raicita, La Rochela y La Cacho, el río Pescado aguas abajo y el aljibe de la Escuela La Florida. El mayor valor fue reportado por el punto correspondiente al río Pescado aguas arriba con 44 mg O_2/L. Los demás puntos registraron valores entre 16 y 18 mg O_2/L.

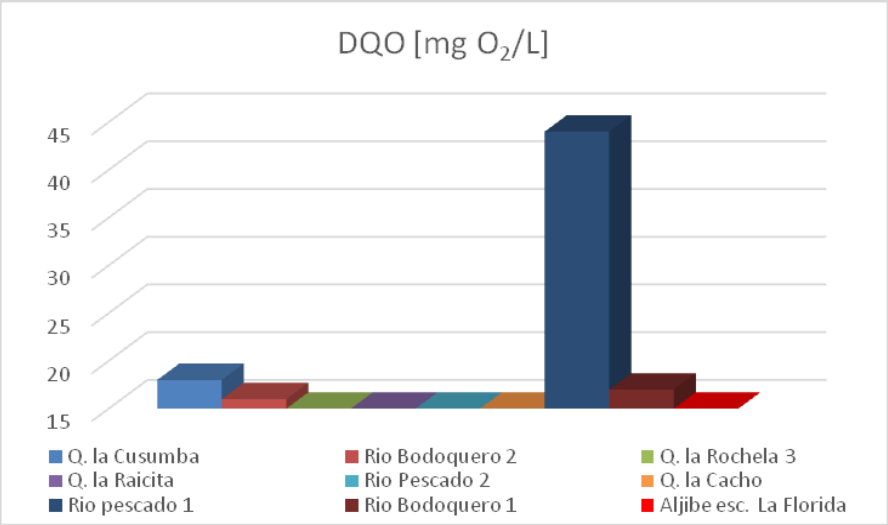


FIGURA 123. RESULTADOS OBTENIDOS PARA DQO
VALORES DE DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO) TOMADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y REPORTADOS POR EL LABORATORIO
ELABORACIÓN PROPIA

Estos valores resultan en promedio normales para aguas naturales no contaminadas, ya que las concentraciones de DQO observadas en aguas superficiales oscilan entre 20 mg O_2/L o menos en aguas no contaminadas, y hasta más de 200 mg O_2/L en aguas que reciben efluentes de aguas residuales. Las aguas residuales industriales pueden tener valores de DQO comprendidos entre 100 y 60.000 mg O_2/L (WHO, 1996[187]). Sin embargo, la diferencia con los demás puntos que presenta el punto del río Pescado aguas arriba, el cual reportó el valor más alto de DQO, puede deberse a la descarga de algún efluente de aguas residuales, ya sea de origen doméstico o industrial.

No existen límites permisibles de este parámetro para el agua de consumo humano, ni una relación directa entre ambos aspectos. No obstante, es un parámetro que permite determinar la presencia de diferentes sustancias químicas en el agua. Por ende, para aguas que presenten valores muy altos de DQO, se recomienda realizar un análisis específico para sustancias químicas como fenoles, sulfatos, ácidos, etc.

En relación con los resultados de DQO reportados por Emerald E. en el EIA, se encontró que casi la totalidad de los datos obtenidos tanto por Emerald E. como por TERRAE, se

[186] Ibíd
[187] Op. cit.

encuentran en un rango menor a 20 mg O_2/L, ya que en Emerald Energy- C&MA (2017[188]) se indica:

> *"la demanda química de oxígeno (DQO) exhibió valores menores al límite de detección <20 mg/L, para todas estaciones evaluadas tanto para el año 2014 como el 2016.*

Sin embargo, existe una diferencia para los resultados de DQO del punto correspondiente al río Pescado aguas arriba a pesar de su correspondencia en ubicación, al reportar un valor menor a 20 mg O_2/L comparado con el valor de 44 mg O_2/L obtenido por Terrae.

Sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SSED)

El término "sólidos suspendidos totales" (TSS) se aplica al peso en seco del material que se elimina de un volumen medido de muestra de agua por filtración a través de un filtro estándar. La prueba es básicamente empírica y no está sujeta a los criterios habituales de precisión. Para lograr la reproducibilidad y la comparabilidad de los resultados se requiere una estrecha atención a los detalles del procedimiento, especialmente las características del filtro y el tiempo y la temperatura de secado (WHO, 1996[189]). Por su parte, los sólidos sedimentables son la cantidad de material sólido que sedimenta de una muestra en un período de tiempo.

Los resultados obtenidos para solidos suspendidos totales se encontraron en un rango entre menor al límite de detección (6 mg/L) y 472 mg/L como se observa en la siguiente figura. Solo uno de los nueve (9) puntos monitoreados reportó un valor menor al límite de detección, el cual fue el punto correspondiente a la quebrada La Cacho. El mayor valor fue reportado por el punto correspondiente al río Bodoquero aguas arriba con 472 mg/L. Los demás puntos obtuvieron valores que estuvieron entre 6 y 80 mg/L, lo que hace muy notoria la diferencia con el punto de mayor valor.

Estos valores se encuentran dentro del rango normal para aguas naturales debido a que el promedio anual de SST puede variar de 1 a > 10.000 mg/L y para un río determinado puede variar en tres órdenes de magnitud. Los valores más bajos de SST se miden en las regiones de tierras bajas donde abundan los lagos, como en la Amazonia. Mientras que los niveles más altos se encuentran en las regiones semiáridas (WHO, 1996[190]). Sin embargo, existe una diferencia notoria entre el punto de monitoreo del río Bodoquero aguas arriba y los demás de aproximadamente 400 mg/L, lo que supone la generación de sedimentos por procesos erosivos más fuertes o por vertimiento de efluentes con alto contenido de sólidos aguas arriba del punto monitoreado.

[188] Emerald Energy-C&MA. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 5.1.
[189] Ibíd
[190] Op. cit.

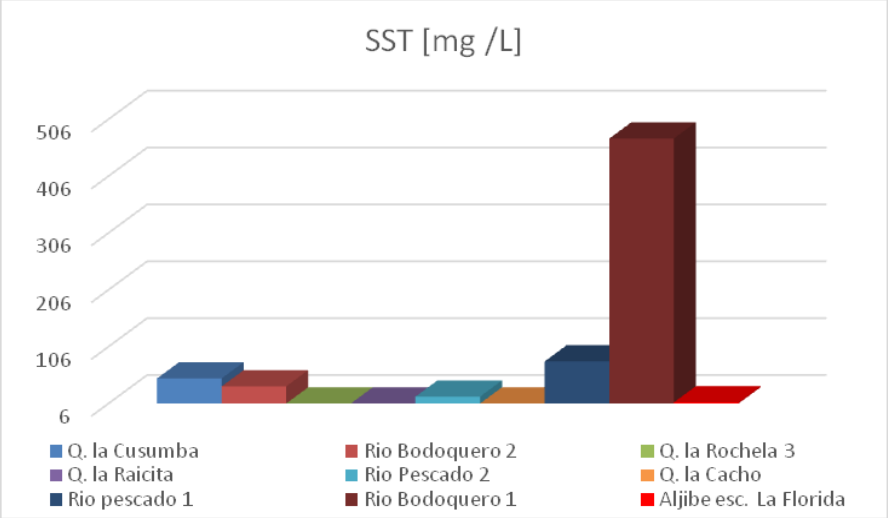


FIGURA 124. RESULTADOS OBTENIDOS PARA SST
VALORES DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) TOMADOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y REPORTADOS POR EL LABORATORIO.
ELABORACIÓN PROPIA

Por su parte, los sólidos sedimentables reportaron valores que se encontraron entre menor al límite de detección (0,1 mL/L-h) y 0,3 mL/L-h. Cuatro (4) de los nueve (9) puntos monitoreados reportaron valores menores al límite de detección, estos fueron los correspondientes a las quebradas La Cusumba y La Rochela, el río Pescado aguas arriba y el aljibe de la Escuela La Florida. El mayor valor fue reportado por el punto correspondiente al río Bodoquero aguas arriba con 0,3 mL/L-h, que corresponde con el mayor valor de los sólidos suspendidos totales registrado. Los demás puntos obtuvieron un valor de 0,1 mL/L-h.

Realizando una comparación con los valores de SST reportados en el EIA, se encontró que ninguno de los valores allí mostrados para el año 2016 sobrepasó el valor de 34 mg/L, siendo éste el mayor dato obtenido correspondiente al punto de monitoreo del río Orteguaza. En general, los valores concuerdan al encontrarse en su mayoría, tanto aquellos tomados por TERRAE como aquellos reportados en el EIA dentro de un rango de 6 a 80 mg/L. Sin embargo, el valor de 472 mg/L obtenido para el río Bodoquero aguas arriba, en el presente estudio independiente sigue sin concordancia con los demás.

Por otro lado, los sólidos sedimentables se encontraron por lo general en valores menores al límite de detección (0,1 mL/L-h). Todos los resultados mostrados en el EIA cumplieron esta condición, mientras que los resultados obtenidos de manera independiente reportaron solo cuatro (4) de los nueve (9) puntos de monitoreo por debajo de este límite.

Grasas y aceites, Hidrocarburos totales del petróleo (HTP) y Fenoles totales

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal e hidrocarburos del petróleo. Estos son de muy baja biodegradabilidad y poseen baja densidad y poca solubilidad en agua. Por ello, tienden a separarse de la fase acuosa y formar las denominadas “natas”. Las grasas y aceites son aportados a nivel doméstico y a nivel industrial; a nivel industrial, los principales sectores que aportan estas sustancias son el de la industria de cosméticos y la industria petrolera.

Los hidrocarburos de petróleo se emiten o descargan en todas las fases del ambiente: aire, agua y suelo, generalmente como resultado de un derrame accidental de petróleo. Tales incidentes pueden conducir a altas concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (HTP). La mayor parte del petróleo tiene una densidad inferior a 1 g/cm^3, por lo que al ser vertido en el agua flotará sobre la misma, formando finalmente una mancha con una capa de aproximadamente 0,1 mm de espesor, que se dispersa con gran facilidad (Connell D.W., 2005[191]).

Los resultados para Grasas y aceites obtenidos en este estudio fueron casi todos menores al límite de detección de la técnica empleada (0,9 mg/L), a excepción del resultado obtenido por el punto de monitoreo de la quebrada La Raicita, el cual arrojó un valor de 1 mg/L. Para hidrocarburos totales del petróleo, el resultado fue similar dando como resultado una concentración menor de 0,9 mg/L para todas las muestras analizadas.

Por su parte, los fenoles son un grupo importante de contaminantes que entran en los cuerpos de agua por las descargas de desechos de diferentes industrias. También se forman naturalmente durante el metabolismo de los organismos acuáticos, la descomposición bioquímica y la transformación de la materia orgánica en la columna de agua y en los sedimentos del fondo. Los fenoles son compuestos aromáticos con uno o pocos grupos hidroxilo. Los fenoles se oxidan fácilmente y como resultado, tienen efectos perjudiciales sobre la calidad y la condición ecológica de las masas de agua por los efectos directos en los organismos vivos y la alteración significativa de los elementos biogénicos y los gases disueltos, principalmente el oxígeno (WHO, 1996[192]).

Los resultados arrojados para fenoles en el agua se detectaron en dos puntos de monitoreo registrando concentraciones de 0,010 y de 0,013 mg/L en el aljibe de la Escuela La Florida y a la quebrada La Raicita, respectivamente. Todos los demás puntos arrojaron valores inferiores al límite de detección (0,01 mg/L).

Tanto para grasas y aceites e hidrocarburos totales del petróleo no existe un valor límite permisible definido en el Decreto 1594 de 1984 para agua de consumo humano, ni para uso agrícola o pecuario. Sin embargo, el petróleo contiene partículas relativamente grandes de una naturaleza compleja que se dispersan coloidalmente en los hidrocarburos de petróleo. Además de tener un alto contenido de azufre, nitrógeno y oxígeno, estas partículas contienen metales, particularmente vanadio, níquel, cobalto y hierro. Con pocas excepciones, la forma química en la que se producen estos metales es desconocida, algunas existen como sales solubles en agua, por ejemplo, NaCl (Connell D.W, 2005[193]).

La toxicidad del petróleo varía según su composición. Como grupo químico, los hidrocarburos aromáticos son generalmente más tóxicos que otros tipos de hidrocarburos. Se ha observado que los efectos más frecuentes en las especies de peces marinos al contacto con este tipo de hidrocarburos son los cambios de comportamiento, como el rendimiento y la capacidad de nadar y los efectos fisiológicos que incluyen cambios en la frecuencia cardiaca, la tasa de respiración y el crecimiento. Sin embargo, varios de los hidrocarburos aromáticos más solubles son detectables por el sabor y/u olor a concentraciones inferiores a aquellas concentraciones de preocupación para la salud.

[191] Ibíd
[192] Ibíd
[193] Ibíd

Sustancias tales como los alquil-bencenos y los alquil-naftalenos tienen umbrales de sabor y olor de unos pocos microgramos por litro (Connell D.W,2005[194]).

Los fenoles por el contrario, sí presentan un valor límite permisible en su concentración en aguas para consumo humano, siendo de 0,002 mg/L el valor definido en los artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984. En consecuencia, los resultados obtenidos que sobrepasaron el límite de detección, los cuales fueron el aljibe de la Escuela La Florida y la quebrada La Raicita, con resultados de 0,010 y 0,013 mg/L, respectivamente, se encontraron aproximadamente 5 veces por encima del límite estipulado en la norma.

Finalmente, en comparación con los valores reportados por el EIA para grasas y aceites e hidrocarburos totales de petróleo, se presentaron en su mayoría valores inferiores al límite de detección (0,67 mg/L) para los valores reportados por Emerald E. y 0,9 mg/L para los valores obtenidos por TERRAE con la diferencia de que la concentración de grasas y aceites obtenida en este estudio para el punto de monitoreo de la quebrada La Raicita fue de 1 mg/L.

Para fenoles, la comparación con los valores reportados en el EIA resulta similar, pues se presentaron en su mayoría valores inferiores al límite de detección (0,002 mg/L) para los valores reportados por Emerald E. y 0,01 mg/L para los valores obtenidos de manera independiente. Al igual que con grasas y aceites, existen dos puntos monitoreados por TERRAE donde la concentración sobrepasa el valor del límite de detección, que fueron el aljibe de la Escuela La Florida y la quebrada La Raicita con resultados de 0,010 y 0,013 mg/L, respectivamente.

Cloruros y Sulfatos

Los cloruros están generalmente presentes en las aguas naturales. Una alta concentración se produce en las aguas que han estado en contacto con formaciones geológicas que contienen cloruro. De lo contrario, un alto contenido de cloruro puede indicar contaminación por aguas residuales o desechos industriales o por la intrusión de agua de mar o agua salada en un cuerpo de agua dulce o acuífero. El sabor salado en el agua depende de los iones con los que se asocian los cloruros. Con los iones sodio el sabor es detectable a aproximadamente 250 mg/L, pero con calcio o magnesio el sabor puede ser indetectable a 1000 mg/L. Un alto contenido de cloruro tiene un efecto dañino para la mayoría de las plantas (WHO, 1996[195]).

El sulfato es un ion abundante en la corteza terrestre y su concentración en el agua puede oscilar entre unos pocos miligramos y varios miles de miligramos por litro. Los desechos industriales y el drenaje de las minas pueden contener altas concentraciones de sulfato. También, el sulfato en el agua es el resultado de la descomposición de compuestos orgánicos que contienen azufre o de la deposición atmosférica; sin embargo, los niveles más altos ocurren generalmente en agua subterránea y son de fuentes naturales (WHO, 2006[196]).

Los resultados obtenidos de la concentración de cloruros se encontraron menores al límite de detección (5 mg/L) para todos los puntos monitoreados, mientras que para los sulfatos hubo un punto de monitoreo que presentó un valor superior a dicho límite. Este punto corresponde a la quebrada La Cusumba, el cual obtuvo un valor en la concentración de

[194] Op. cit.
[195] Ibid
[196] Ibíd

sulfatos de 6 mg/L; el resto de puntos arrojaron resultados por debajo del límite de detección (3 mg/L).

Para ambos parámetros existe límite permisible en el agua para consumo humano definido por los artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984. Este valor es de 250 mg/L para cloruros y 400 mg/L para sulfatos. Todos los resultados obtenidos cumplen con estos criterios, encontrándose valores muy bajos respecto a lo establecido por la norma, por lo que se trata de aguas muy poco salinas y con muy bajo contenido de sulfatos.

A pesar de que el sulfato es uno de los aniones menos tóxicos y la OMS no recomienda ningún valor de referencia en el agua potable, la catarsis, la deshidratación y la irritación gastrointestinal se han observado en concentraciones elevadas de este en el agua potable. Por ello, la OMS sugiere que las autoridades sanitarias sean notificadas cuando las concentraciones de sulfato en el agua potable excedan de 500 mg/L (WHO, 1996[197]).

Con relación a los valores reportados en el EIA por Emerald E., casi todos los puntos se encontraron por debajo del límite de detección, siendo 4 mg/L para cloruros y 5 mg/L para sulfatos los registros del análisis realizado por Emerald E., y 5 mg/L para cloruros y 3 mg/L para sulfatos en el estudio realizado por Terrae. El único valor que no cumplió con esta condición fue el reportado en la quebrada La Cusumba con un valor de 6 mg/L.

Metales

Los metales analizados en este estudio fueron aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, plomo, selenio, cinc y cromo VI y los resultados se presentan en la Tabla 32. En general, los metales analizados reportaron valores inferiores al límite de detección, a excepción del aluminio, el plomo y el cinc.

El aluminio, como se mencionó anteriormente, presentó un valor superior al límite de detección (2,0 mg/l) correspondiente al monitoreo realizado en el río Bodoquero aguas arriba, reportando 10,5 mg/L. Valor que resulta elevado, ya que la concentración media de aluminio en agua de río es de 0,24 mg/L con un intervalo de 0,01 a 2,5 mg/L (WHO, 1996[198]) . Este valor también corresponde al doble del límite permitido para agua de uso agrícola y pecuario definido por los artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984. Sin embargo, no se define un valor límite permisible para el agua de consumo humano.

Aunque el aluminio está entre los elementos más abundantes en la corteza terrestre, está presente sólo en trazas en aguas naturales. Debido a que compone muchas rocas, minerales y arcillas, el aluminio está presente en prácticamente todas las aguas superficiales, pero su concentración en aguas a pH casi neutro rara vez excede unas pocas décimas de miligramo por litro. Además, en agua tratada o aguas residuales, puede estar presente como un residuo del proceso de coagulación del alumbre (WHO, 1996[199]).

Para el arsénico, bario, cadmio, cobre, selenio y cromo VI, se obtuvieron resultados inferiores al límite de detección para todas las muestras analizadas. Para el arsénico y el selenio, el límite de detección fue de 0,005 mg/L. El límite de detección del bario fue de 0,4 mg/L, del cadmio fue de 0,0005 mg/L, del cobre de 0,1 mg/L y del cromo VI de 0,01. Estos resultados se encontraron igualmente por debajo del límite permisible para agua de consumo humano definidos en los artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984. Para los

[197] Ibíd
[198] Op. cit.
[199] Op. cit.

cuales, el límite de arsénico es 0,05 mg/L, para bario 1 mg/L, para cadmio 0,01 mg/L, para cobre 1 mg/L, para selenio 0,01 mg/L y para cromo VI 0,05 mg/L.

Para el plomo, solo un punto de monitoreo dio como resultado un valor menor al límite de detección (0,001 mg/L) en la quebrada La Cusumba. Los demás puntos registraron valores entre 0,001 mg/L (igual al punto de detección) y 0,006 mg/L, siendo los valores más altos aquellos de las muestras tomadas en los ríos Pescado y Bodoquero aguas arriba. Sin embargo, todos estos valores se encuentran por debajo del límite permisible para agua de consumo humano definido en los artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984 (0,05 mg/L).

Finalmente, el cinc en ocho (8) de nueve (9) puntos monitoreados dio como resultado concentraciones menores al límite de detección (0,03 mg/L). El punto restante, correspondiente al río Bodoquero aguas arriba, arrojó como resultado 0,03 mg/L (valor igual al límite de detección). Estos valores se encontraron muy por debajo del límite permisible para agua de consumo humano definido en los artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984, que para el cinc es de 15 mg/L.

La diferencia con los valores reportados en el EIA, radica en el valor obtenido para el parámetro aluminio en la muestra tomada en el río Bodoquero aguas arriba (10,5 mg/L), ya que en el EIA todos los resultados de aluminio y demás metales se encontraron por debajo del límite de detección, siendo el del aluminio de 0,54 mg/L.

De lo anterior se puede concluir que la zona no presenta evidencia alguna de alteración de la calidad del agua producto de la presencia de metales asociados a hidrocarburos que excedan los límites para consumo humano. El riesgo de identificar e incrementar dichas concentraciones en el agua estaría dado por la entrada de agentes externos o actividades industriales que impliquen el vertimiento de aguas asociadas a hidrocarburos que puedan contener metales. Los riesgos, en particular a la salud, son diversos y dependen del tipo de metal presente en el agua. A continuación se presenta una breve descripción de algunos de los efectos en la salud de dichos metales de acuerdo con lo establecido por WHO (1996; 2006[200]).

El arsénico es un importante contaminante del agua potable, ya que es una de las pocas sustancias que causan cáncer en los seres humanos por su consumo en el agua potable. Existe evidencia abrumadora de estudios epidemiológicos de que el consumo de niveles elevados de arsénico a través del agua potable está causalmente relacionado con el desarrollo de cáncer en varios órganos, particularmente en la piel, la vejiga y el pulmón. En varias partes del mundo, las enfermedades inducidas por el arsénico, incluido el cáncer, constituyen un importante problema de salud pública. Los compuestos inorgánicos de arsénico son clasificados por IARC en el Grupo 1 (carcinógenos para humanos) basándose en pruebas suficientes de carcinogénesis en humanos y evidencia limitada de carcinogénesis en animales.

Respecto al bario, no hay evidencia de que este sea carcinógeno o mutagénico. Sin embargo, se ha demostrado que el bario causa nefropatía (una enfermedad del riñón) en animales de laboratorio, pero el punto final toxicológico de mayor preocupación para los seres humanos parece ser su potencial para causar hipertensión.

[200] Ibíd

El cadmio se acumula principalmente en los riñones y tiene una vida media biológica larga en seres humanos de 10-35 años. Existe evidencia de que el cadmio es cancerígeno por la vía de inhalación. Sin embargo, no hay evidencia de carcinogénesis por vía oral y no hay evidencia clara de la genotoxicidad del cadmio.

El cobre es un nutriente esencial y a la vez un contaminante del agua. El límite superior del intervalo aceptable de ingesta oral en adultos es incierto, pero es más probable que esté en el rango 2 y 3 mg/L, pero no muchos miligramos por día en adultos. Esta evaluación se basó únicamente en estudios de los efectos gastrointestinales del agua potable contaminada con cobre. Estudios recientes han delineado el umbral para los efectos del cobre en el agua potable en el tracto gastrointestinal, pero todavía hay cierta incertidumbre con respecto a los efectos a largo plazo del cobre.

El selenio es un elemento esencial, benéfico, requerido por los animales en trazas, pero tóxico cuando se ingiere a niveles más altos. La OMS recomienda un valor de referencia de 0.01 mg /L en el agua potable sobre la base de efectos a largo plazo para la salud. En humanos, los síntomas de la toxicidad del selenio son similares a los del arsénico y los efectos tóxicos de la exposición a largo plazo se manifiestan en las uñas, el pelo y el hígado. La intoxicación por selenio se ha producido en animales que pastan exclusivamente en áreas donde la vegetación contiene niveles tóxicos de selenio debido a suelos altamente seleníferos. En general, estos suelos se encuentran en áreas áridas o semiáridas de actividad agrícola limitada (WHO, 1996[201])

El cromo se distribuye ampliamente en la corteza terrestre. Puede existir en valencias de +2 a +6. En un estudio de carcinogénesis a largo plazo en ratas que recibieron cromo (III) por vía oral, no se observó aumento en la incidencia tumoral. En las ratas, el cromo (VI) resultó carcinógeno a través de la vía de inhalación, aunque los limitados datos disponibles no muestran evidencia de carcinogénesis por vía oral. En estudios epidemiológicos, se ha encontrado una asociación entre la exposición al cromo (VI) por la vía de inhalación y el cáncer de pulmón. El CIRC ha clasificado el cromo (VI) en el grupo 1 (carcinógeno humano) y el cromo (III) en el grupo 3.

En cuanto a los efectos en la salud humana, el plomo presenta una transferencia placentaria en los seres humanos desde la semana 12 de gestación y continúa durante el desarrollo. Los niños pequeños absorben entre 4 y 5 veces más plomo que los adultos, y la vida media biológica puede ser considerablemente más larga en los niños que en los adultos. El plomo es un tóxico que se acumula en el esqueleto e interfiere con el metabolismo del calcio, tanto directamente como por interferir con el metabolismo de la vitamina D. Los bebés, los niños de hasta 6 años y las mujeres embarazadas son más susceptibles a sus efectos. Además, es tóxico para los sistemas nervioso central y periférico, induciendo efectos neurológicos (WHO, 2006[202]).

2.5.3 Calidad de las aguas someras en el área del APE Nogal

Los parámetros fisicoquímicos analizados, principalmente los parámetros *in situ* como el pH, la conductividad, los sólidos disueltos totales (TDS) y el potencial de oxidorreducción (ORP) permitieron esclarecer una clara diferencia entre las aguas someras monitoreadas:

[201] Ibíd

[202] Ibíd

manantiales, moyas y aljibes y las aguas superficiales igualmente monitoreadas: ríos, quebradas y lagunas.

El parámetro más asociado a las aguas subterráneas someras, especialmente a los manantiales y moyas fue el pH, presentando los valores más ácidos con un promedio de 4,5 y 4,7 para las moyas y los manantiales, respectivamente. Posteriormente, los aljibes que reportaron un promedio de pH de 5,7. Estos valores de pH, se encuentran relacionados con la dinámica existente entre el agua y el suelo y las diferentes reacciones químicas que se puedan presentar entre ellos. La acidez característica del suelo en la zona también es causa de estas reacciones. Una de estas reacciones es la hidrólisis ácida, la cual se ve favorecida en ambientes húmedos como el de la zona estudiada, debido al tiempo prolongado de contacto que presenta el agua con el suelo y el aire. Esta reacción se da entre la matriz sólida del suelo y el agua, participando igualmente el dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera. Proceso que se desarrolla gracias a los cationes metálicos presentes del aluminio, hierro y manganeso (Al^{+3}, Fe^{+3}, Mn^{+4}) provenientes de los diferentes minerales que constituyen el suelo.

En la zona estudiada, se presenta una composición en el suelo de minerales que constan principalmente de aluminio y hierro además de silicio, lo que podría representar la formación de sus respectivos cationes, así como hidrólisis ácida de los mismos, proporcionando carácter ácido a los ambientes acuáticos que se encuentran más en contacto con el suelo.

Ahora bien, los valores de conductividad y de sólidos disueltos totales más altos los presentaron los aljibes. Los cuales mostraron valores de 42 y 104 µS/cm para la conductividad y de 21 y 52 mg/L para los sólidos disueltos totales. Estos dos parámetros se encuentran estrechamente relacionados, ya que se emplea la conductividad, que es la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, como medida indirecta de los sólidos disueltos totales (TDS) que son sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica presentes en solución en el agua y provenientes de procesos de mineralización.

Por ende, se infiere que las aguas de los dos aljibes analizados presentan un mayor contenido de minerales en solución que las aguas analizadas de moyas y manantiales, sobre todo el aljibe de la Escuela La Florida el cual presentó los valores más altos de conductividad y TDS. Este aljibe registró un nivel en el agua de 6 metros de profundidad, aproximadamente 5 metros más que el aljibe del predio de don Simeón, lo que relaciona posiblemente la diferencia entre los valores obtenidos de estos dos parámetros en los dos aljibes mencionados, con la profundidad en su nivel de agua. En este sentido, se puede inferir que los valores de estos dos parámetros aumentan a medida que aumenta la profundidad en el nivel del agua.

Respecto al potencial de oxidorreducción (ORP), los manantiales y moyas presentaron los valores más altos con 327 y 357 mV. Estos valores, están relacionados con la actividad microbiana y favorecen bajo estas condiciones y las condiciones de pH encontradas en estos cuerpos de agua, la proliferación de bacterias de hierro y bacterias que prefieren un pH bajo y un alto ORP. Sin embargo, en el presente estudio no se realizó un análisis microbiológico de las muestras de agua, que permitiera corroborar la presencia de bacterias. Por tanto, se recomienda a la comunidad realizar métodos de desinfección en el agua que emplean para su consumo.

Finalmente, otro parámetro representativo que resultó de este tipo de aguas fue el contenido de fenoles en el aljibe de la Escuela la Florida, el cual fue de 0,01 mg/L y se encontró 5 veces por encima del límite establecido para agua de consumo humano, siendo de 0,002 mg/L el valor definido en los articulo 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984. Este parámetro reviste gran importancia debido a que los fenoles son un grupo de contaminantes que se oxida fácilmente y como resultado, tiene efectos perjudiciales sobre la calidad y la condición ecológica de las masas de agua por los efectos directos en los organismos vivos y la alteración significativa de los bioelementos (elementos químicos necesarios para el desarrollo de organismos vivos) y gases disueltos, como el oxígeno.

El resto de los parámetros analizados en laboratorio no presentó concentraciones considerables ni que sobrepasaran los valores límites permisibles para el agua de consumo humano definidos en el Decreto 1594 de 1984. Por tanto, salvo el contenido de fenoles en el aljibe de la Escuela La Florida y aclarando la ausencia de monitoreos microbiológicos, no se evidencian impactos asociados por actividades industriales que eleven alertas de riesgo inminente a la salud de la población.

2.5.4 Calidad de las aguas superficiales del APE Nogal

A diferencia de las aguas subterráneas someras, las aguas superficiales presentaron los valores más altos de pH –especialmente los ríos–, los cuales obtuvieron el valor más alto de este parámetro con un promedio de 6,8, seguido de las quebradas con un pH promedio de 5,8 y finalmente la laguna que reportó un pH de 5,3. Estos valores reafirman la relación agua-suelo explicada a lo largo del documento, la cual depende del tiempo de residencia del agua y su contacto directo con el suelo. Estas condiciones resultan menores para los ríos que para los manantiales y moyas, debido al mayor volumen de agua y el continuo flujo que estos presentan.

Respecto a los valores de conductividad, la laguna presentó el valor más bajo con relación al promedio de los demás cuerpos de agua con 7 µS/cm, las quebradas presentaron valores de conductividad bajos con un promedio de 9,3 µS/cm, y finalmente los ríos presentaron un promedio en conductividad de 22,2 µS/cm. Todos estos valores de conductividad correspondientes a los cuerpos de agua superficiales son al menos 20 unidades menores que los valores obtenidos para los aljibes, condición que puede relacionarse con la profundidad del nivel del agua, la cual resulta ser más profunda para los aljibes, especialmente para el de la Escuela La Florida.

Los sólidos disueltos totales, que presentan una estrecha relación con la conductividad, dieron como resultado una tendencia similar a los valores de conductividad, siendo la laguna la del valor más bajo con una concentración de sólidos suspendidos totales de 3 ppm, seguida de las quebradas con un valor promedio de 4,8 ppm y finalmente, los ríos que presentaron una concentración de TDS de 11,2 ppm en promedio. Estos valores se encuentran dentro de los valores normales para aguas naturales e incluso tienden a ser bajos.

Los valores bajos de conductividad y TDS que presentan en especial las quebradas y los ríos, reflejan la baja mineralización de las aguas en la zona de estudio, lo cual se puede explicar por la alta pluviosidad casi que a lo largo de todo el año.

De los parámetros analizados en el laboratorio para las muestras de los cuerpos de agua superficiales, se hallaron algunos valores preocupantes. La concentración de fenoles y de grasas y aceites en la muestra de la quebrada La Raicita son dos de ellos, los cuales

fueron de 0,013 y 1 mg/L, respectivamente. El valor de fenoles para esta muestra, al igual que para la muestra del aljibe de la Escuela La Florida, está aproximadamente 5 veces por encima del límite estipulado para agua de consumo humano, siendo de 0,002 mg/L el límite definido en los artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984.

Otra muestra que presentó excedencia a la norma de calidad del agua en la concentración de aluminio fue la del río Bodoquero recolectada aguas arriba registrando un valor de 10,5 mg/L, valor que resulta elevado, ya que la concentración media de aluminio en agua de río es de 0,24 mg/L con un intervalo de 0,01 a 2,5 mg/L (WHO, 1996[203]). Este valor también corresponde al doble del límite permitido para agua de uso agrícola y pecuario definido por los artículos 40 y 41 del Decreto 1594 de 1984. Sin embargo, no se define un valor límite permisible para el agua de consumo humano.

Finalmente, la demanda química de oxígeno (DQO) para el río Pescado aguas arriba (44 mgO_2/L) varío sustancialmente respecto al resto de cuerpos de agua superficiales monitoreados, incluso para el mismo río monitoreado aguas abajo, siendo mayor en más de 20 mg O_2/L que el resto de fuentes monitoreadas. A pesar de que este valor resulta en promedio normal para aguas naturales no contaminadas, la diferencia que presenta con los demás puntos puede deberse a alguna descarga de algún efluente de aguas residuales, ya sea de origen doméstico o industrial.

El resto de parámetros analizados en laboratorio no presentó concentraciones considerables ni que sobrepasen los valores límite permisibles para el consumo humano definidos en el Decreto 1594 de 1984, lo que permite concluir que las características fisicoquímicas del agua no evidencian contaminación o condiciones desfavorables para la vida acuática o que sugieran un riesgo para la población –salvo la concentración de fenoles registrada en el aljibe Escuela La Florida y la quebrada La Raicita.

2.5.5 Riesgos ambientales por disposición de aguas residuales: contaminación del agua y del suelo

Los vertimientos de aguas residuales industriales y aguas domésticas son la fuente principal de contaminación del agua superficial y subterránea y de los suelos en áreas aledañas a proyectos petroleros, bien sea en etapa exploratoria o en etapa de producción, variando entre una y otra el volumen a verter. Para el caso que nos ocupa, y de acuerdo a lo descrito Emerald Energy-C&MA (2017[204]), el EIA consideró varias alternativas de vertimiento: i) riego en vías no pavimentadas, ii) riego por aspersión en áreas al interior de plataformas, iii) reinyección de agua residual y agua asociada a la formación, iv) disposición de agua residual doméstica en campos de infiltración y v) tratamiento y disposición final a través de terceros. La alternativa de vertimiento directo a aguas superficiales fue descartada.

En general, en la información aportada por la compañía Emerald Energy no hubo claridad ni un análisis riguroso en la identificación de los posibles riesgos de contaminación asociada a los vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas que serán realizados, y en particular, mediante métodos como la reinyección y los campos de infiltración y aspersión. A continuación se presenta una breve descripción de los posibles

[203] World Health Organization; Jamie Bartram & Richard Balance, 1996. *Water Quality Monitoring; A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs.* London.
[204] C&MA; Emerald Energy, 2017. *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 3.

riesgos de contaminación producto de los vertimientos mediante campos de aspersión/infiltración y por reinyección de agua.

2.5.5.1 Afectación por riego y campos de aspersión/infiltración

El riego por aspersión e infiltración en el suelo de los vertimientos de tipo doméstico o industrial, representa un riesgo de alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo y del agua en la zona. El riesgo de contaminación del agua se puede presentar tanto en las aguas superficiales por efectos de escorrentía como en las aguas subterráneas por filtración.

Este riego se planteó por Emerald Energy como método de disposición de aguas residuales industriales y asociadas a la formación. Sin embargo, el tipo de tratamiento que recibirían éstas aguas antes de ser regadas aún no es definido. Se habla de dos alternativas de tratamiento de los residuos líquidos industriales: tratamiento *in situ* y tratamiento *ex situ*. Para la etapa de perforación exploratoria se destacan los vertimientos provenientes de los lodos de perforación, los cuales son mencionados dentro del EIA (Emerald Energy- C&MA, 2017[205]) así:

> *"(…) Teniendo en cuenta que los residuos industriales de la perforación de cada pozo exploratorio en el área Nogal se podrán tratar ex situ a través de empresas especializadas e in situ, a continuación, se describe el manejo y disposición final de cada una de estas alternativas:*
>
> *En caso de se traten **ex situ**, los residuos provenientes del equipo de control de sólidos, que corresponden a una mezcla de lodos, cortes y una fracción líquida (aguas residuales), se almacenarán en tanques portátiles o piscinas sobre el área de la plataforma, para posteriormente ser transportados, tratados y dispuestos por alguna empresa especializada, la cual deberá contar con los permisos ambientales y demás para el manejo de esta clase de residuos.*
>
> *El tratamiento **in situ** consiste en que cuando el lodo de perforación ha perdido sus propiedades reológicas y fisicoquímicas, es conducido a la unidad "dewatering", para posteriormente dirigir la fracción sólida a la(s) piscina(s) o tanque(s) de cortes y la fracción líquida a la(s) piscina(s) o tanque(s) de aguas industriales, de las cuales una(s) es (son) de retención y otra(s) de chequeo de parámetros y vertimiento. El efluente de la segunda piscina o del tanque respectivo debe cumplir con los requisitos de calidad del agua del Decreto 1594/84 para poder realizar el vertimiento sobre el suelo a través del riego de las vías a usar por el proyecto, mediante un área de aspersión y/o infiltración cercana al pozo. El tratamiento que se le hace al agua es un tratamiento físico-químico convencional, que consiste básicamente en adicionar sulfato de aluminio (alumbre) o cualquier químico comercial aceptado por la ley, con el fin de coagular y flocular los sólidos. También eventualmente se adicionan controladores de pH y coagulantes para facilitar el proceso de unión de las partículas disueltas y suspendidas en el agua*. (Subrayado fuera de texto)

[205] Emerald Energy- C&MA. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 7.

De lo anterior, se destaca el tipo de tratamiento que se realizaría *in situ* de tipo convencional, el cual consta de una etapa de floculación (agrupamiento de sólidos para facilitar su sedimentación) y eventual regulación de pH. En otras palabras, sería un tratamiento de aguas residuales primario, el cual, eliminaría sólidos orgánicos e inorgánicos, grasas y aceites de aguas residuales mediante procesos de sedimentación y flotación, y condicionando las aguas residuales mediante la neutralización antes de su eliminación o descarga a una instalación de tratamiento secundario (Feigin A. y Ravina J., 1991[206]).

El tipo de tratamiento convencional que propone Emerald E. resulta ineficiente para el mecanismo de disposición final de aguas residuales industriales provenientes del lodo de perforación planteado (riego directo o por aspersión sobre vías o áreas específicas), debido a que solo se remueven los sólidos y se regula la acidez, más no se retiran otros tipos de contaminantes como cloruros, sulfatos, carbonatos, sulfuros, tposibles trazas de metales pesados y otras sustancias solubles en agua.

Este tipo de sustancias y elementos químicos deben tener un tratamiento para su eliminación, ya que los insumos para la preparación del denominado "lodo de perforación" incluyen además de agua: soda cáustica, polímeros, hipoclorito de sodio, lignosulfonato, sulfato de calcio, carbonato de sodio, hidróxido de potasio, barita, entre otros (Emerald Energy-C&MA, 2017[207]) los cuales, pueden generar sulfuros, cloruros, carbonatos, calcio y sodio como producto de su solubilidad en el agua. Además, la barita puede contener hasta 1,0 mg/L de mercurio (Hg), 3,0 mg/L de cadmio (Cd) y 50 mg/L de sulfuros[208], dependiendo del grado industrial empleado, ya sea barita cruda grado perforación o barita grado lodo de perforación.

A pesar de que no se trata de aguas residuales domésticas, el tratamiento secundario es el requisito más general en el caso de aguas residuales destinadas al riego (Feigin A. y Ravina J., 1991[209]). El agua para riego no requiere de un tratamiento de potabilización, sin embargo, su descontaminación suele requerir un tratamiento adicional como la filtración mediante carbón activado, la eliminación de los compuestos orgánicos que pueden estar en concentraciones de trazas, la desinfección y posiblemente un tratamiento de ósmosis inversa u otro tipo de desalinización[210].

Esto mismo podría ocurrir con el agua residual industrial obtenida del proceso de producción si se realiza únicamente un tratamiento primario, ya que dentro de estas se encuentran aguas asociadas a la formación que generalmente contienen alto contenido salino y difieren en gran medida de las aguas superficiales en cuanto a su calidad.

En el caso de los campos de aspersión e infiltración planteados para la disposición final de aguas residuales, domésticas e industriales, se debe tener en cuenta que, como recomendación general, el nivel de calidad del agua que va a ser vertido en los campos

---

[206] A, Feigin I; Ravina J; Shalhevet.(1991). *Irrigation with Treated Sewage Effluent, Management for Environmental Protection*. Berlin

[207] Emerald Energy- C&MA. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*. Capítulo 3.

[208] Secretaria de Economía; Coordinación general de minería. (2014). Perfil de Mercado de la BARITA. Estados Unidos Mexicanos. Disponible en línea:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5568/pm_barita_2014.pdf

[209] Ibíd

[210] Instituto Geológico y Minero de España. (2003). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno.* Madrid

de infiltración, sea tal, que no comprometa o pueda comprometer el uso presente o futuro del agua con base en un estudio razonable de perspectivas de uso. Si el agua subterránea se emplea para el abastecimiento de la población, antes de su vertido en los campos de infiltración debe tener al menos un tratamiento secundario sirviendo el tratamiento suelo-acuífero como tratamiento terciario[211].

Debido a que el agua somera es la principal fuente para abastecimiento de la población en la zona, principalmente para consumo humano y uso doméstico, existe un riesgo sanitario potencial al presentarse la contaminación de estas fuentes por disponer las aguas residuales domésticas e industriales en campos de aspersión o infiltración sin el adecuado pretratamiento; es decir, realizando únicamente un tratamiento primario como el propuesto por Emerald E. y no un tratamiento secundario como es recomendado. Esto, podría presentarse gracias a la estrecha conexión entre el agua y el suelo observada en la zona, ya que la abundancia de agua que se presenta permite un flujo constante de la misma que se filtra a través del suelo y llega a las fuentes de agua para consumo humano de tipo somero (moyas y manantiales).

Finalmente, es preciso destacar que las muestras de agua superficial y subterránea monitoreadas por la compañía Emerald Energy no presentaron justificación alguna de su representatividad espacial y temporal. Los puntos muestreados por la petrolera no proporcionan la información necesaria para toda el área de perforación exploratoria que alcanza las 19.762 ha, lo cual significa que el indicador de puntos de caracterización y monitoreo de aguas superficiales es de aproximadamente 1 cada 2000 ha y de monitoreo de aguas subterráneas es de aproximadamente 1 cada 5.000 ha.

Ahora bien, el caso que llama más la atención respecto a los vertimientos de aguas industriales es la aplicación del método de campos de aspersión. Según lo descrito en el Capítulo 7 del EIA elaborado por Emerald Energy-C&MA (2017), los vertimientos realizados al suelo mediante riego en campos de aspersión serán tanto domésticos como industriales, se ubicarán en un lugar cercano a las plataformas multipozo y deberán realizar el modelamiento del vertimiento de las aguas residuales industriales que serán vertidas. Este modelamiento, sugiere que existen varios errores en la concepción del mismo al no considerar el volumen de agua objeto de aspersión, realizar un inadecuado análisis de las variables hidroclimatológicas, y la ausencia de muestras en campo para la estimación de las propiedades hidráulicas del suelo, entre otros parámetros requeridos para una simulación rigurosa.

A lo anterior, se suma la ausencia de soporte técnico en los datos de entrada del modelo relacionados con las características fisicoquímicas de las aguas residuales industriales que van a ser vertidas en los campos de aspersión. Al respecto, el capítulo 7.3.2.1 del EIA menciona que la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales tratadas a verter por medio del sistema de riego por aspersión se basa en los resultados de laboratorio del tratamiento de aguas residuales industriales con y sin osmosis inversa de Ecopetrol 2013 y que además, es necesario establecer un perfil de concentración que describa el estado de contaminación inicial a partir del cual se comienza la simulación. No obstante lo anterior, dicho documento no se reporta dentro de la bibliografía del EIA de manera no se tiene certeza a qué proyecto petrolero pertenecen y sobre todo a cual cuenca

[211] Op. Cit.

sedimentaria. Este último aspecto es fundamental en el análisis de las condiciones fisicoquímicas de las aguas de formación, pues dependiendo de la cuenca sedimentaria o de la formación productora, serán las condiciones fisicoquímicas encontradas. Dado el desconocimiento de la calidad del agua asociada a la formación presente en el APE Nogal, resulta pretencioso y arriesgado llegar a unas calidades como las que reporta el modelo (conductividades inferiores a 400 µS/cm, fenoles con valores inferiores a 0,04 mg/l y concentraciones bajas de metales, empleando como único método convencional como único sistema de tratamiento.

2.5.5.2 Afectación por inyección de agua asociada a la formación

El EIA elaborado por Emerald Energy-C&MA (2017[212]) indica que la actividad de reinyección de las aguas de formación se considera como una actividad principal en el desarrollo del proyecto exploratorio. Por tanto, es fundamental un conocimiento detallado de los riesgos de esta práctica, en especial el riesgo de migración de aguas a otras formaciones lo que puede alterar la calidad del agua subterránea.

Al abordar con detalle lo descrito en el capítulo 7 del EIA presentado por Emerald Energy-C&MA (2017), se encuentra que se considera la perforación de un pozo inyector para la disposición de agua residual por cada plataforma construida, o convertir a inyectores pozos exploratorios que hayan resultado secos. No obstante, el EIA no reporta la ubicación estimada ni el análisis técnico que respalde la realización de esta práctica sin causar impactos en los acuíferos ni tampoco, información relativa a porosidad, permeabilidad y posibilidad de interconexión entre las unidades objetivo para reinyección (Formación Pepino y Neme). Tampoco menciona características de calidad del agua tomadas *in situ* en la formación sello (Formación Orteguaza).

El riesgo potencial de afectación de acuíferos por migración de agua reinyectada a la formación se limitó al riesgo por falla del pozo inyector, siendo argumentado de forma cualitativa en el numeral 7.4.1.5 del EIA, y justificado esencialmente por el espesor que tiene la capa confinante (500 m); asumiendo que el agua no va migrar a formaciones adyacentes sin el soporte de un análisis riguroso y con el agravante que los estudios geológicos presentados no indagan sobre el comportamiento de las fracturas en el flujo de las aguas. A este respecto, el estudio de Terrae demuestra que las fracturas son fundamentales en el flujo de aguas subterráneas en el Grupo Orito, el cual es supuestamente una capa confinante. Otro argumento para definir los riesgos de contaminación de aguas subterráneas profundas es la existencia de rezumaderos dentro y en los alrededores del área de estudio.

Otro aspecto ausente en el EIA fueron los volúmenes a reinyectar y las características fisicoquímicas de las aguas de formación que permitieran un conocimiento más profundo de la zona y sobre todo, de los riesgos asociados. Ambos (volúmenes y características fisicoquímicas de las aguas asociadas a la formación) son dos aspectos fundamentales que requieren de un estudio más juicioso y detallado y que involucran directamente la salud del ambiente y la población.

[212] Emerald Energy-C&MA. *Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal*, 2017. Capítulo 7. Uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Asimismo, el EIA es claro en describir la ausencia de información de la cuenca Caguán-Putumayo, lo que sugiere que no hay suficiente información que permita conocer los riesgos de contaminación de acuíferos adyacentes a la formación receptora, en particular por el desconocimiento de los volúmenes a reinyectar y a la calidad del agua asociada a la formación a la salida del sistema de tratamiento. Dado este escenario, el EIA hace uso de información de referencia correspondiente al bloque Ombú Capella –a cargo de la misma empresa– y localizado entre los municipios de La Macarena en el departamento del Meta, y San Vicente del Caguán al norte del departamento del Caquetá. Este bloque ha presentado dificultades y altos costos en el manejo de las aguas asociadas dado los altos cortes de agua registrados, lo que sugiere que puede darse la misma situación en el APE Nogal ya que hacen parte de la misma cuenca petrolífera.

En lo que respecta a las aguas de formación se destacan dos aspectos abordados en el EIA: el primero es la alusión al bloque Capella localizado en la cuenca Caguán-Putumayo entre los municipios de La Macarena y San Vicente del Caguán para referirse a la baja densidad de información de dicha cuenca, y el segundo, usar como referente de calidad de las aguas de formación a la cuenca Llanos El uso de estos dos referentes ante la ausencia (según el EIA) de información relacionada con las características fisicoquímicas del agua de formación de la cuenca Caguán Putumayo es incomprensible ya que para ninguno de los dos se presenta información clara de su asociación con las hasta ahora desconocidas características fisicoquímicas de estas aguas. El primer referente (Bloque Capella) no es válido debido a que el EIA no referencia con detalle información de aguas de formación, información que tampoco fue posible acceder a través de los Informes de cumplimiento Ambiental (ICA) disponibles en la ANLA ya que este bloque envía las aguas de producción a terceros para su tratamiento.

Respecto al segundo referente relacionado con la alusión a la cuenca Llanos, se destaca que si bien pueden establecerse equivalencias temporales entre unidades de cuencas sedimentarias diferentes, no es posible establecer equivalencias entre las características fisicoquímicas del agua. Las propiedades del agua de formación varían entre un yacimiento y otro, y dentro de un mismo yacimiento. La composición del agua depende de una serie de parámetros que incluyen el ambiente depositacional, la mineralogía de la formación, su historia de presión y temperatura, y el influjo o la migración de los fluidos. En consecuencia, las propiedades del agua pueden variar a lo largo del tiempo con la interacción entre el agua y la roca, y con la producción y el reemplazo de los fluidos del yacimiento por agua de otras formaciones, agua inyectada u otros fluidos inyectados (Abdou M. *et al.*, 2011[213])

Por lo anterior, se considera de alto riesgo el hecho de tomar como referencia de la calidad del agua la cuenca petrolífera Llanos, puesto que esta presenta un predominio de aguas de baja salinidad, mientras que en la cuenca Caguán Putumayo se tienen reportes de datos de muy alta salinidad. Estos últimos pertenecen al bloque Suroriente localizado en el corredor Puerto Vega – Teteyé, con valores extremos de conductividad de 135.137 µS/cm (Fierro J., 2016[214]) que son más del doble de la salinidad del mar actual y que

[213] Abdou M., Carnegie A., Mathews G., O´Keefe M. Raghuraman V., Wei W. Y Xian C. (2011). Valor del agua de formación. Traducción del artículo publicado en Oilfield Review. En línea: https://www.slb.com/~/media/Files/resources/oilfield_review/spanish11/spr11/03_valor.pdf

[214] Fierro Morales, J. (2016). Informe sobre el proceso de licenciamiento ambiental del proyecto de explotación petrolera en el corredor Puerto Vega – Teteyé (Puerto Asís, Putumayo).

además tienen contenidos altos de cloruros, fenoles y la presencia de otras especies químicas tóxicas como arsénico, plomo, cadmio y bario.

La siguiente tabla presenta a modo comparativo valores de referencia de tres parámetros representativos de las condiciones fisicoquímicas particulares de las cuencas petrolíferas y de las aguas de formación asociadas. Los proyectos seleccionados se localizan en las cuencas llanos y Caguán Putumayo. Se incluyen también los datos reportados en el Capítulo 7 del EIA elaborado por Emerald Energy-C&MA (2017[215]) cuya referencia no fue posible ubicar (Ecopetrol (2013)) dentro de la bibliografía.

TABLA 33. VALORES DE REFERENCIA DE AGUAS INDUSTRIALES DESPUÉS DEL TRATAMIENTO EN LAS CUENCAS PETROLÍFERAS CAGUÁN PUTUMAYO Y LLANOS

Bloque	Bloque El Nogal	Bloque Suroriente	Campo Castilla	Campo Rubiales	CPO9	Platanillo
Cuenca	**Caguán Putumayo**		**Llanos**			
Conductividad (valor máx reportado) (µS/cm)	391	135.137	761	1239	1943	25.500
Cloruros (valor máx reportado) (mg/l)	NR	195.195	169	145	NR	8954
Fenoles (valor máx reportado) (mg/l)	< 0,04	27,57	0,26	< 0,04	1,1	4,813

NR: NO REPORTA

ELABORACIÓN PROPIA, CON BASE EN EMERALD ENERGY-C&MA (2017) Y EXPEDIENTES ANLA

Si bien lo datos anteriormente relacionados son solo un referente y no obedecen a un análisis estadístico que demuestre variabilidad de algunos parámetros fisicoquímicos entre una cuenca y otra, permite visualizar en una instancia preliminar posibles diferencias significativas entre las condiciones de salinidad de la cuenca Caguán Putumayo (dada por la concentración del ion cloruro usada como referencia) y la cuenca Llanos. Los referentes para la Cuenca Caguán Putumayo no son tan abundantes como para la de Llanos. El único proyecto cuya información fue posible acceder y que es el más importante referente para plantear la incertidumbre que existe entre las condiciones fisicoquímicas esperadas en las aguas de formación del bloque Nogal (desconocidas hasta al momento), es el bloque Suroriente, donde se han analizado las calidades de aguas superficiales y subterráneas y de vertimientos del proyecto petrolero Puerto Vega – Teteyé de la empresa Vetra (Fierro-Morales, 2016).

Esta condición llevaría a la no conveniencia de llevar a cabo aspersiones, vertimientos superficiales o campos de infiltración dado el alto potencial contaminante que pueden tener dichas aguas. Con este cuadro comparativo se busca fortalecer el argumento del desconocimiento de las aguas de formación de la zona y de la inapropiada asociación de características supremamente distintas a las reportadas en varios proyectos petroleros tanto en la cuenca Llanos como la cuenca Caguán Putumayo. De manera que los datos de entrada del modelo se alejan de la realidad en cuanto a las características fisicoquímicas de las aguas de formación una vez son tratadas.

[215] Ibíd

3. COMPONENTE ECOSISTÉMICO

La biodiversidad tiene una expresión territorial concreta (ecosistemas, especies e individuos) en cualquier región o municipio del país. Esta riqueza ha sido el soporte y el marco de contexto en el que las diferentes culturas se han venido desarrollando. Esta estrecha relación, manifestada a diferentes escalas, se expresa y entiende como la relación interdependiente entre los sistemas ecológicos y los sistemas sociales, en que la biodiversidad le da cuerpo a la cultura, a su vez, transforma y estructura el arreglo espacial de la biodiversidad. La relación entre los sistemas ecológico y social, se establece por el continuo suministro de servicios ecosistémicos (aprovisionamiento, regulación, culturales y soporte), que el sistema ecológico presta a diferentes escalas y los cuales son claves para el mantenimiento del bienestar humano y de otro lado, las diferentes acciones adelantadas por el ser humano para garantizar la conservación de la biodiversidad, de la cual se derivan dichos servicios ecosistémicos, así como también las presiones que las actividades antrópicas generan en la biodiversidad[216].

En Colombia la delimitación de la Amazonia incluye criterios biogeográficos e hidrográficos, por esta razón esta región incluye una parte de la zona andina, en la vertiente oriental de los andes colombianos; esta pequeña subregión tiene importancia ambiental para el resto de la Amazonia por los servicios ecosistémicos que cumple, entre los cuales se resalta el de regulación hídrica. Se diferencian dos grandes grupos de paisajes. Uno es el paisaje de montaña que abarca una zona, al occidente de la Amazonia, que va desde los 500 m de altitud hasta la divisoria de aguas de la cordillera oriental de los Andes colombianos y ocupa el 5,2% del territorio. El paisaje de llanura, que corresponde al resto (94,8%), se caracteriza por ser una zona relativamente plana entre la cual sobresalen algunas formaciones de mesetas y lomas, y donde los ríos se desbordan en época de lluvias dando lugar a los característicos bosques inundables de la Amazonia colombiana[217].

La zona de estudio está conformada por un sistema de lomeríos labrados sobre una planicie de origen cenozoico que bordea el piedemonte de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental. El clima es cálido húmedo con altos niveles de precipitación (3.000 a 5.000 mm al año aproximadamente), asociados a la condensación de la humedad que transportan los alisios del sur al chocar con la cordillera. La vegetación está conformada por selvas húmedas y la presencia de humedales tropicales que se desarrollan sobre antiguos y recientes planicies aluviales asociadas a los ríos que descienden de la Cordillera Oriental además de ríos y caños de aguas negras que nacen *in situ*.

Esta unidad se distingue por ser el hábitat de un importante número de especies de plantas y animales, muchas de ellas endémicas, lo cual le otorga la característica de ser un *hotspot* de la biodiversidad y una de las regiones de agua dulce de mayor importancia

[216] MADS. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos.* s.f.

[217] Murcia García U; Gualdrón A, Londoño M. (2016). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el periodo 2012 al 2014 y coberturas del año 2014. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI". Bogotá, D.C., 420 p., 138 Anexos.

a nivel mundial. En la identificación de ecorregiones dulceacuícolas para Colombia, incluyendo la composición de peces y la geomorfología se destaca las ecoregiones del Piedemonte y Medio Caquetá[218]. La delimitación de estas áreas es importante para el país porque al interior de una ecorregión las especies, junto con la dinámica ecológica y las condiciones ambientales, son más similares entre sí, que con las de regiones ecológicas circundantes, por lo tanto, convirtiendo a la ecorregión por sí misma en una unidad de conservación.

Los humedales son ecosistemas que se forman en lugares donde se acumula el agua de manera temporal o permanente. Esta acumulación se debe a condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas que dan lugar a características particulares de suelo, fauna y flora. El área del humedal incluye no solamente el área con espejo de agua sino también las partes que se secan periódicamente e incluso las que nunca se inundan pero presentan características de alta humedad y procesos relacionados en el suelo. El más reciente estudio de delimitación de humedales para Colombia bajo un sistema de clasificación detallado permitió categorizar los 30 millones de hectáreas según el tipo particular de humedal y de acuerdo al pulso de inundación en permanentes, temporales y potenciales y alcanzando más de 88 categorías para todo el país.[219]

De acuerdo con el monitoreo de las coberturas de la tierra en la Amazonia colombiana se hace, desde al año 2008, a través del Sistema de Monitoreo de las Coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana –SIMCOBA, en el periodo comprendido entre 2012 al 2014, el departamento de Caquetá las coberturas de mayor área son el Bosque denso alto de tierra firme (64,5%), Pastos limpios (13,1%), Bosque denso alto inundable heterogéneo (4,8%), Mosaico de pastos y cultivos (4,4%) y Vegetación secundaria (3,7%). Los bosques son la cobertura de mayor área, sin embargo también las coberturas de Pastizales tienen más del 14% del total. Además, Caquetá presenta un 16% de áreas naturales, un 25,2 en áreas seminaturales y un 43,8% de áreas transformadas.

En el polígono del APE Nogal están presentes dos tipos de Biomas, el Bioma *Limnofítico de Aguas Dulceacuícolas Continentales* con ríos de aguas blancas. Este bioma se asocia a los cuerpos de agua dulces localizados en las zonas bajas de llanuras de desborde y puede clasificarse en función de la velocidad de los flujos de agua en aguas correntosas o lóticas (ríos) y aguas quietas o lénticas (lagos, lagunas, ciénagas y pantanos)[220] y el *Zonobioma Húmedo Tropical,* que está cubierto de bosque denso, muy complejo en términos de estructura y composición, con varios estratos, de follaje usualmente persistente y siempre verde, con grandes árboles de hasta 1 m de diámetro o más que conforman un dosel de hasta 30-40 m de alto, con emergentes de hasta 60 m de alto. Las raíces son poco profundas, lo que es compensado a menudo por raíces zancos y raíces tabulares o tabloides en los árboles. Abundan las palmas, las lianas y las epífitas; en el sotobosque predominan las hierbas de hojas anchas, en su mayoría monocotiledóneas.

[218]Moreno, L. A., Andrade, G. I., y Ruíz-Contreras, L. F. (Eds.). (2016). Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 106 p..

[219] *Ibid.*

[220] Murcia-García U, Jaramillo O, Cañón F y Latorre J.P. 2016. *Mapa de ecosistemas de la Amazonía colombiana del año 2012*, segunda versión. Convenio Instituto SINCHI – Parques Nacionales Naturales. Bogotá, D. C. Incluye mapa impreso y síntesis de la memoria técnica. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y Parques Nacionales Naturales. Bogotá D.C.

Entremezcladas con los bosques de tierra firme, se encuentran áreas con alta influencia acuática, inundadas de manera permanente o temporal, que constituyen el denominado *Helobioma de la Amazonía-Orinoquía*. En estas áreas se puede encontrar todo un gradiente sucesional desde la vegetación acuática de las orillas de ríos y lagos hasta los bosques de las llanuras de inundación, que alcanzan una mayor complejidad. Adicionalmente, en toda la Amazonía hay extensas áreas pantanosas, en las zonas de varzea (planos de inundación de origen andino), dominadas, en menor o mayor grado, por la palma cananguche (*Mauritia flexuosa*). La estructura y la composición de estos bosques varían dependiendo de la unidad geomorfológica ocupada, del nivel de inundación y del tipo de bosque circundante[221].

Desde el punto de vista hidrológico, el área se incluye en la cuenca del río Orteguaza, cuyos principales tributarios son los ríos Pescado, Bodoquero, Fragua Chorroso, Hacha y San Pedro (IGAC 1999), ríos que van desde el sexto al octavo orden, portadores de aguas claras de piedemonte, las cuales son transparentes y blancas, de origen andino. Igualmente, esta red de drenaje está densamente irrigada por pequeños caños y riachuelos, de menor orden y predominantemente de aguas negras de origen amazónico. La cuenca del río Orteguaza corresponde al 2,2% (148.000 km^2) de la cuenca del río Caquetá. Su eje principal lo conforma el río Orteguaza, el cual se distingue por ser un río de gran magnitud, que nace en la Cordillera de Los Andes y desemboca en el río Caquetá a la altura del municipio de Solano, éste se clasifica como un río de noveno orden de aguas blancas[222].

Las características del paisaje geomorfológico, hidrología y los suelos permite el desarrollo de diferentes tipos de vegetación de humedales en forma de extensos herbazales inundables (densos, arbolados, no arbolados), bosques inundables, canangunchales y en las riberas de los ríos, bancos de arena, cochas y pantanos.

Por último, las diversas especies que habitan en los humedales, una de las más representativas son las especies acuáticas, es decir, las especies que pasan la totalidad de su vida en el agua. Se incluye desde el plancton (especies microscópicas, flotantes que no poseen movimiento propio) y la vegetación acuática hasta animales vertebrados como los peces, tortugas, etc. De la interfase tierra-agua, dependen una gran cantidad de especies de aves, insectos y vertebrados. Los ciclos de vida de estos organismos tienen lugar en los hábitats creados por el agua y están determinadas por las condiciones específicas del comportamiento hídrico en cada momento del año.

En este apartado se presentan los resultados de la evaluación de los impactos sobre los ecosistemas, flora y fauna enfatizando en los remanentes de selvas, en particular los relacionados con ríos y el conjunto de humedales.

En síntesis, para toda el área de influencia se encuentran para plantas 31 especies en grado de amenaza a nivel local (reportadas dentro del bloque El Nogal o en los municipios

[221] Bernal G., R.G., R. Gradstein & M. Celis, editores. (2016). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, Vol. 1.

[222] Ricaurte, L.F.; Núñez-Avellaneda, M.; Pinilla, M.C.; Marín, C.A.; Velásquez-Valencia, A.; Alonso, J. C.; Mojica, J. I.; Betancourt, B.; Salazar, C.; Caicedo, D.; Acosta-Santos, A.; Castro, W.; Argüelles, J. H. (2015). Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia.

Morelia, Valparaíso y Milán), 6 a nivel regional (reportadas para el departamento del Caquetá) y 14 en veda o control de manejo a nivel nacional (tabla 42). Dentro de las especies amenazadas, se presentan 10 en Preocupación Menor (LC), 3 en Bajo riesgo (LR) y 7 como Casi amenazadas (NT).

Para las especies casi amenazadas se reportan el Bálsamo (*Miroxylon balsamum*) y el Ahumado negro (*Minquartia guianensis*), ambos reportados a nivel local por la Corporación. Las demás especies Casi amenazadas son reportadas a nivel regional por el catálogo de plantas de Colombia del ICN. Dentro de las especies en estado Vulnerable (VU) se encuentran el Cedro (Cedrela odorata), Guasco o Abarco caqueteño (*Couratari guianensis*) y según los libros rojos el pino del Caquetá (*Podocarpus guatemalensis*), reportadas por la Corporación dentro del bloque El Nogal; además el Chontaduro (*Bactris gasipaes var. chichagui*) y Algarrobo (*Hymenaea parvifolia*) a nivel regional, reportados por IUCN y SINCHI.

Se reporta En peligro de extinción (EN) el Canelo de Los Andaquíes (*Ocotea quixos*) especie que se registra en Morelia y Albania y en peligro crítico (CR), según las listas rojas (UICN) el Pino del Caquetá (*Podocarpus guatemalensis*) para el que existen registros dudosos (*Sánchez s.n.* COL, *Cárdenas 11763* COAH) procedentes del piedemonte andinoamazónico entre las cuencas de los ríos Mocoa y Caquetá. Así mismo se reportan en Veda nacional o con restricción de uso y manejo al Cedro (*Cedrela odorata*) reportada a nivel local y el Cedro macho (*Pachira quinata*) reportada a nivel regional por el SINCHI. Otras de las especies en Veda Nacional, son las Bromelias y Orquideas reportadas en la base de datos del SIB, que por su condición de epífita tienen control de uso y manejo.

Finalmente se reportan como especies endémicas una bromelia (*Aechmea nivea*) y el Canelo de Los Andaquíes (*Ocotea quixos*). Esta información sustenta la necesidad de proteger y conservar los remanentes de vegetación natural en el bloque El Nogal, ya que se reportan especies en distintas categorías de amenaza y con restricción de su uso y manejo. Además, el estudio de evaluación del EIA del APE Nogal identifico el siguiente grupo de especies. *"Otras especies en riesgo menor (LR) según listas rojas UICN, como son el Laurel comino (Ocotea puberula), Matapalo (Ficus amazónica) y Siete cueros (Miconia tomentosa). Otras especies fueron reportadas en preocupación menor (LC) según UICN como Algarrobo (Hymenaea parvifolia) y Jaboncillo (Enterolobium schomburgkii) y según libros rojos especies como Fono (Eschweilera andina), Palma chuchana (Astrocaryum murumuru), Palma cumare (Astrocaryum chambira), Palma de guajo (Attalea maripa), Palma de agua (Euterpe precatoria), Palma rabo dorada (Geonoma deversa), Palma San Pablo (Geonoma stricta), Palma bombona (Iriartea deltoidea), Palma espinosa (Mauritiella armata), Palma canangucha (Mauritia flexuosa), Palma bacaba (Oenocarpus minor), Palma milpes (Oenocarpus bataua) y Palma patuda (Socratea exorrhiza)".*

Los registros para la avifauna están representados por 20 órdenes, 41 familias y 104 especies. Se encontró un total de 532 individuos en los cinco sitios evaluados, y la vereda en donde se observó el mayor número de aves fue en la Rochela Baja (161 individuos). Se destaca la presencia del Tucán o diostedé (*Ramphastos tucanus)* y de la Paloma Rojiza (*Patagioenas subvinacea*), en estado Vulnerable y el loro churuquero o rucio (*Amazona farinosa)* especie casi amenazadas.

En el Apéndice III están las especies incluidas a solicitud de otro país que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. En este grupo se registraron el tucán o Pichí bandirrojo (*Pteroglossus castanotis*) y el Pájaro Paraguas (*Cephalopterus ornatus*).

Para el grupo de anfibios y reptiles se encontraron 8 especies de interés ecológico, 1 especie críticamente amenazada de extinción en Colombia: la charapa arrau (*Podocnemis expansa*), por otro lado, la terecay o taricaya (*Podocnemis unifilis*) se considera en peligro (EN).De acuerdo a CITES se encuentran 3 especies de reptiles en el apéndice II: la charapa arrau (*Podocnemis expansa*), la terecay o taricaya (*Podocnemis unifilis*) y la babilla o cachirre (*Caiman crocodilus*),

Los mamíferos con 29 individuos registrados fueron más abundantes en la vereda La Florida (municipio de Valparaíso) con 19 individuos. Las especies más abundantes fueron el mono ardilla común (*Saimiri sciureus*) con 13 individuos, el mono volador (*Pithecia milleri*) (6), la boruga (*Cuniculus paca*) y la ardilla del Amazonas norte (*Hadrosciurus igniventris*) con dos individuos.

Se encontró evidencia de la presencia de la especie del Titi del Caquetá *"cerca de Valparaíso (realmente muy cerca en efecto, justo a la periferia en los límites de la* ciudad)". La especie esta críticamente amenazada de extinción a nivel global: (*Callicebus caquetensis*), y a su vez es una especie endémica para Colombia. El mono volador, *Pithecia milleri* es considerado en estado vulnerable (VU). De acuerdo con la CITES dentro del área directa de influencia del APE Nogal, se encuentran cuatro especies de mamíferos en el apéndice II: el Titi del Caquetá (*Callicebus caquetensis*), el Mono volador (*Pithecia milleri*), el Mono aullador (*Alouata seniculus*) y el Mico maicero (*Sapajus apella*),

El estudio de la Universidad de la Amazonia realizado en Playa Rica, en Valparaiso corrobora la importancia a nivel mundial del área en la distribución de primates. Se encontraron: *Callicebus caquetensis c*onocido como Titi del Caquetá, el Titi negro, *Lagothrix lugens* y la nutria, *Lontra longicaudis* están en estado vulnerable (VU). El mono volador*, Pithecia milleri* y el venado, *Mazama americana. Saguinus nigricollis hernandezi* también es endémico para la región.

Además, estos investigadores encontraron estas otras especies de mamíferos: el Armadillo (*Dasypus novemcinctus)*, el Oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla)*, Ulama (*Eira barbara)*, Cusumbo (*Nasua nasua)*, Perro de monte (*Potos flavus)*, Mico maicero o cariblanco (*Cebus albifrons)*, el Titi cabeciblanco (*Saguinus nigricolllis hernandezi)*, Mico de noche (*Aotus vociferans*) , Araguato (*Alouatta seniculus*) , Chichico (*Saimiri sciureus*), Maicero negro (*Sapajus apella*), Guatín (*Dasyprocta fuliginosa)* y la Ardilla (*Sciurus* sp.).

La conservación de lo que queda de las coberturas de Bosques y de los humedales presentes en el área aseguraría mantener fragmentos que sirven como conectores, refugios de hábitat y también zonas de paso para la fauna silvestre. Para el área existen especies únicas y de carácter endémico.

3.1 Metodología

Durante la salida de campo realizada en zona rural de los municipios de Morelia y Valparaíso se recolectó información según las necesidades del equipo técnico para el componente biótico (fauna y flora).

3.1.1 Evaluación en campo

En pro de tener un acercamiento a las zonas relictuales o remanentes de selva y especies de plantas presentes en ellas, dentro del bloque El Nogal, se realizaron recorridos enfocados a identificar fragmentos de interés para identificar especies con importancia ecológica, es decir con características que ayudan a la evaluación de la estructura y funcionalidad de la selva como ecosistema, así como por su estado de amenaza debido a su sobre-explotación o deterioro de sus hábitats.

Con el enfoque de una evaluación ecológica rápida y con la participación de habitantes de la región, conocedores de las áreas, se establecieron cuatro rutas que incluyeron las veredas:

- Vereda Rochela Baja, Morelia: Coberturas de bosque de galería abierto, humedales, pastos arbolados, bosque fragmentado.
- Vereda Bolivia, Morelia: Coberturas de pastos arbolados, bosque fragmentado.
- Vereda La Candido, Morelia
- Vereda La Reforma, Valparaíso: Coberturas de pastos arbolados, bosque fragmentado,
- Vereda La Florida, Valparaíso
- La bocana del río Pescado a caer al Orteguaza.

En las cuales se verificaron las coberturas naturales reportadas en el EIA por la empresa Emerald Energy [223] y se evalúó la vegetación usando la metodología de recorridos libres, en donde se georrefenciaron y reconocieron algunos sitios y especies de flora destacadas.

3.1.2 Taller con diferentes actores de la comunidad para la identificación de especies de fauna y flora endémica, amenazada, de importancia para la conservación o en listados CITES

Se participó en el Taller de Cartografía Social junto con todos los equipos de trabajo para en conjunto, conocer las expectativas de la comunidad frente al proyecto y realizar entrevistas semi-estructuradas sobre la presencia, especies de interés, reflexión sobre los impactos del proyecto y alternativas de manejo.

Se realizó énfasis en la identificación de los ecosistemas de especial significancia ambiental, dado que en el caso de los ecosistemas ambientalmente sensibles que cumplen una serie de servicios ambientales y presentan características especiales de manejo dentro de los proyectos.

A través de un material impreso consistente en fotografías a color de cada una de las especies de fauna y flora de interés para el área de estudio, se indagó, con participación de la comunidad local dividida en grupos de veredas cercanas, la ausencia o presencia de dichas especies en su vereda o finca.

[223] C&MA; Emerald Energy. (2017). Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal. Profesionales C&MA.



FOTOGRAFÍA 120. TALLER DE CARTOGRAFÍA SOCIAL Y METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS SEDE VICARIA DEL SUR, MORELIA, CAQUETÁ

3.1.3 Evaluación en campo

El trabajo de campo para el estudio de vegetación incluyó la visita a muestras representativas de todas las clases de coberturas de vegetación que se identificaron en la caracterización inicial del bloque. Las áreas de visita se priorizaron de acuerdo a la selección realizada en el taller con la comunidad y las de especial interés para la conservación e interés social.

Las localidades de muestreo se geolocalizaron con GPS. La intensidad del muestreo y área de levantamientos se ajustó de acuerdo a la complejidad de la vegetación y a la facilidad de acceso. Los traslados se realizaron por río en compañía de un experto conocedor de las plantas y maderas.

Se realizaron muestreos y observaciones en transectos libres y la aplicación de formatos previamente acordados para optimizar la captura de información relevante en campo para caracterizar la estructura de la vegetación y registrar información fisionómica y parámetros ambientales útiles en la identificación de especies de interés y observación de fauna. Se registraron especies de interés y se realizaron medidas de DAP (medido a 1,3 m) y para cada individuo se registró su hábito de crecimiento (arbusto, árbol, liana), altura del fuste, altura total, DAP, diámetro de copa estimado, uso y nombres locales.

3.1.4 Entrevistas con especialistas

Se realizaron 4 entrevistas personalizadas con expertos y amplios conocedores del área de la amazonia que colaboraron en la precisión de la identificación de especies y áreas de distribución para especies y su importancia para la conservación.

1. Dairon Cárdenas López, Coordinador Programa de Ecosistemas y Recursos Naturales y Curador-Director Herbario Amazónico Colombiano COAH.

2. René López Camacho, Profesor de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

3. Luisa Fernanda Ricaurte L.F. PhD Environmental Sciences. Wetland scientist. Freelance-Consultant. Co-Chair International Chapter, Latin America and the Caribbean, Society of Wetland Scientist (SWS). Entrevista vía Skype, realizada el 28 de agosto 2017.

4. Úrsula Jaramillo Villa, Investigadora del programa de gestión territorial del Instituto Alexander von Humboldt. Entrevista telefónica, realizada el 18 de septiembre de 2017.

3.1.5 Análisis de información

Se consolidaron los registros biológicos de presencia de especies disponibles en fuentes como:

1) Base de datos de información biológica de estudios realizados para la amazonía con énfasis en Departamento de Caquetá, revisión de cartografía detallada y actualizada 2) Levantamientos de campo efectuados en el marco de Proyectos y caracterizaciones bióticas realizadas en el área y 3) Para los Municipios de Morelia, Milán y Valparaiso: Base de datos de la información biológica disponible en el del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB)[224], Catálogo de plantas de Colombia ICN[225], Herbario SINCHI[226] y herbario de la Universidad Distrital[227]. A partir de ésta información se establecen las especies registradas para la zona.

Además se analizó la información compilada con base a hábitats claves, prioritarios para preservación y protección a través de la determinación de especies con alguna categoría de amenaza de la UICN y CITES[228]. Identificación de especies sujetas a aprovechamiento comercial, vedas, categoría de amenaza, vulnerabilidad con base a Resolución 1912 de 2017[229] (para revisión secundaria y especies identificadas en campo).

El análisis de esta información secundaria y cartográfica disponible, permitió realizar una aproximación confiable a las condiciones actuales de los ecosistemas naturales terrestres, acuáticos y vegetación secundaria que son determinantes para estructurar la línea base que constituye un marco de referencia para fijar los potenciales valores de conservación presentes en el área.

3.1.6 Metodología en fauna

Se realizaron recorridos de observación investigando simultáneamente todos los grupos de fauna entre el 4 y 7 de agosto de 2017 en las veredas Rochela Baja, Bolivia y La Cándido del Municipio de Morelia y en las veredas La Reforma y La Florida del Municipio de Valparaíso, tal y como se muestran en la siguiente figura. Debido a los desplazamientos y la logística en campo no fue posible tener un horario de muestreo uniforme para todos los días y todos los sitios muestreados.

[224] Sistema de Información sobre Diversidad en Colombia (SIB). (2017). Disponible en: [http://www.sibcolombia.net/web/sib/home], (Acceso el 12 de julio de 2017).
[225] Instituto de Ciencias Naturales (ICN). (2017). Colecciones en línea. Disponible en: [http://www.biovirtual.unal.edu.co/icn/], (Acceso en julio, agosto, septiembre de 2017).
[226]Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). (2017). Herbario Amazónico COAH. Disponible en: [https://www.sinchi.org.co/coah], (Acceso en julio, agosto, septiembre de 2017).
[227] Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2017. Herbario Forestal. Disponible en: [http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/], (Acceso en julio, agosto, septiembre de 2017).
[228] IUCN Red List of Threatened Species. (2017). [<www.iucnredlist.org>]. (Acceso en 25 septiembre de 2017).
[229]Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución Número 1912 del 15 de septiembre de 2017. “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional y se dicta otras disposiciones”. Bogotá: MADS. 36 p.

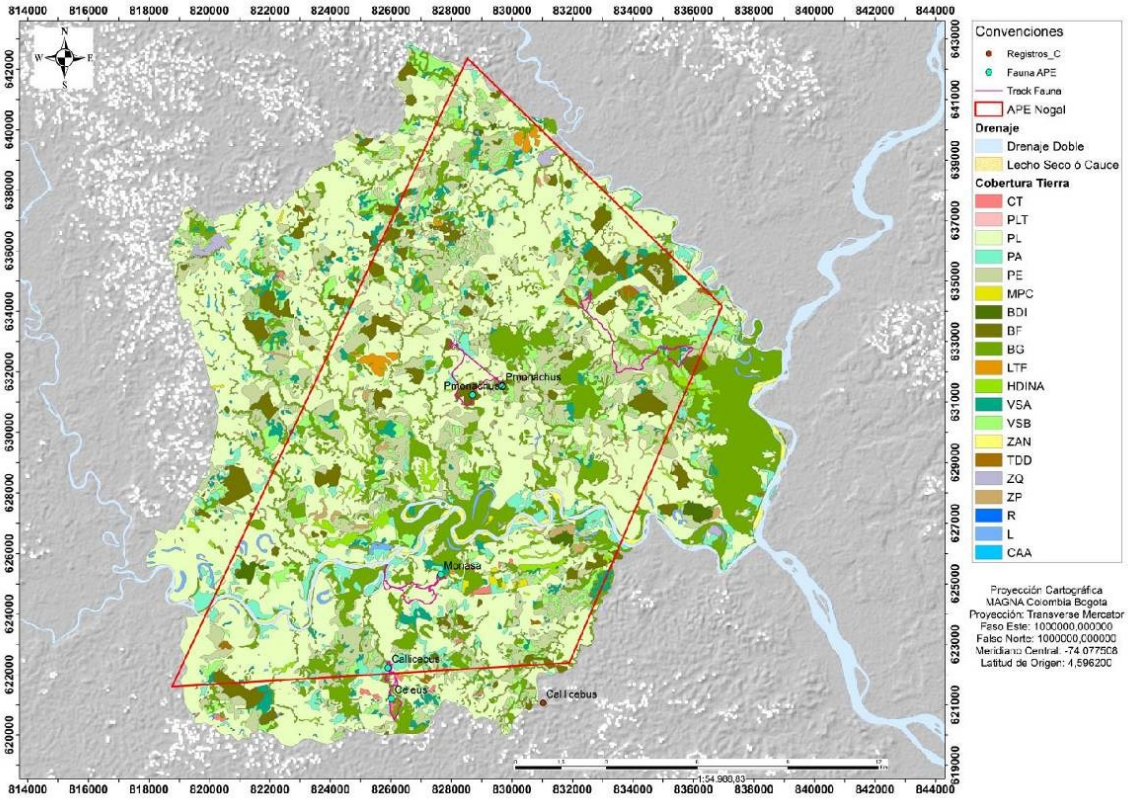


FIGURA 125. MAPA CON RECORRIDOS DE OBSERVACIÓN (EN LÍNEA PÚRPURA) PARA FAUNA EN EL APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

De esta manera los muestreos se realizaron de la siguiente manera:

TABLA 34. NÚMERO DE HORAS POR SITIO DE MUESTREO

Vereda	Fecha	Hora de inicio	Hora de finalización	Total Horas
Vereda Rochela Baja, Morelia	4/08/2017	10:00 a.m.	5:15 p.m.	7h ,15 min
Vereda Bolivia, Morelia	5/08/2017	6:00 a.m.	8:00 a.m.	2h
Vereda La Cándido, Morelia	5/08/2017	9:15 a.m.	2:00 p.m.	5h, 15 min
Vereda La Reforma, Valparaíso	6/08/2017	8:45 a.m.	4:30 p.m.	7h, 45 min
Vereda La Florida, Valparaíso	7/08/2017	5:45 a.m.	3:00 p.m.	9h, 15 min

3.1.6.1 Ornitofauna

Para caracterizar la avifauna se hicieron detecciones visuales durante los recorridos, en absoluto silencio entre tres observadores. Igualmente, se hicieron grabaciones de los cantos y reclamos de las aves con una grabadora digital Olympus LS-10S, se grabaron especies de difícil detección y aquellas especies desconocidas para el investigador.

3.1.6.2 Herpetofauna

Durante los recorridos se hicieron búsquedas activas sin restricciones espaciales, observando los posibles lugares donde pudiese hallarse la herpetofauna, tales como troncos caídos, rocas, bases de árboles de gran tamaño, palmas, bordes de riachuelos, entre otros. Por limitación de tiempo y logística no se hicieron muestreos en la noche, período óptimo para el muestreo herpetológico, toda vez que la mayoría de especies tropicales, presentan actividad nocturna. Debido a restricciones de captura y colecta, se tomaron fotografías in situ de los especímenes observados como evidencia de su presencia en la zona y se registró el tipo de microhábitat donde fue hallado.

3.1.6.3 Mastofauna

Para la detección de mamíferos en campo se acudió a los pobladores locales expertos en cacería para que sirvieran como guías durante los recorridos, esto con el objetivo de avistar los animales o encontrar rastros de actividad y huellas. Al momento de obtener huellas se tomó un registro fotográfico y se hizo la identificación de las mismas, usando las guías de huellas de Aranda (2000) [230] y Navarro & Muñoz (2000) [231], identificación que se realizó a través de la forma y tamaño de la huella.

También se realizó 1 entrevista vía Skype, realizada el 1 de octubre 2017 con el experto en mamíferos Doctor Javier García Villalba, profesor de la Universidad de la Amazonía y amplio conocedor del área de la amazonia que colaboró en el registro de especies de mamíferos, sus áreas de distribución y su importancia para la conservación.

3.1.6.4 Taller de Identificación de especies de especies de fauna endémicas, amenazadas, de importancia para la conservación y en listados CITES

En la sede de la Vicaria Sur en Morelia se hizo un Taller de Identificación de especies el 3 de agosto de 2017. Para este fin se utilizó un material impreso (*banner*) consistente en fotografías a color de cada una de las especies de fauna claves para el área de estudio, tales como especies amenazadas de extinción, endémicas o en listados de CITES[232] y se indagó con participación de la comunidad local, la ausencia o presencia de dichas especies en su vereda, igualmente se les preguntó por la abundancia de cada una de ellas a través de cuatro categorías: rara, escasa, común o abundante.

A cada uno de los tres grupos de personas que se conformaron, se les mostraron las fotografías y sobre un acetato transparente que se colocó sobre el impreso, se consignó la información dada por la comunidad. Para tener algo de homogeneidad en los datos recolectados y se organizaron los asistentes al taller por la proximidad de sus veredas.

[230] Aranda, M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Xalapa, México: Instituto de Ecología.
[231] Navarro, J. F., & Muñoz, J. (2000). Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia. Edición de campo
[232] CITES. 2017. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Lista de especies en http://checklist.cites.org/#/es

3.2 Resultados

3.2.1 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

Un área protegida corresponde a un lugar definido geográficamente que haya sido designado, regulado y administrado, a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación. De acuerdo con el artículo 10 del Decreto 2372 de 2010 las categorías de áreas protegidas que conforman el Sistema Nacional son: Áreas Protegidas Públicas conformadas por a) El Sistema de Parques Nacionales Naturales, b) Las Reservas Forestales Protectoras, c) Los Parques Naturales Regionales, d) Los Distritos de Manejo Integrado, e) Los Distritos de Conservación de Suelos y f) Las Áreas de Recreación, las de Recreación y las Áreas protegidas Privadas conformadas por las Reservas de la sociedad civil.

3.2.1.1 Categorías de conservación y protección ambiental en el área de influencia del APE Nogal

Se incluye las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental de acuerdo con la legislación vigente y las que hacen parte de la estructura ecológica principal. En el marco del artículo 4, ordinal 1.4 del Decreto 3600 de 2007, deben considerarse como categorías de protección en suelo rural, *"Las áreas de especial importancia ecosistémica, tales como páramos y subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, rondas hidráulicas de los cuerpos de agua, humedales, pantanos, lagos, lagunas, ciénagas, manglares y reservas de flora y fauna".*

El artículo 1, del Decreto 3600 de 2007, define el concepto de Estructura Ecológica Principal (EEP) en los siguientes términos: *"Es el conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones".*

Además, los humedales son determinantes ambientales para los planes de ordenamiento territorial municipal en la jurisdicción del departamento del Caquetá y los humedales localizados en zona rural y urbana, deben incluirse en los Planes de Ordenamiento Territorial Municipal, dentro de la categoría de *áreas de conservación y protección ambiental*, según lo establecido en el artículo 4, numeral 1.4 del Decreto 3600 de 2007. Para aquellos humedales que no cuenten con un Plan de Manejo Ambiental adoptado por parte de CORPOAMAZONIA, los municipios deberán incorporar los usos de conservación y protección de la franja hídrica, "*en la categoría de protección en suelo rural*, subcategoría de *áreas de especial importancia ecosistémica*"[233].

Por otra parte, y de acuerdo con la Política Nacional de Biodiversidad, la conservación es un concepto que trasciende la visión asociada exclusivamente a la preservación de la naturaleza, la conservación debe ser entendida y gestionada como una propiedad emergente, generada a partir del balance entre acciones de preservación, uso sostenible, generación de conocimiento y restauración de la biodiversidad, de manera que se conserve o incremente la resilencia de los sistemas socio-ecológicos y con ella el suministro de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano.

[233]CORPOAMAZONÍA, The Nature Conservancy, Gordon and Betty Moore Foundation & Avina. (2015). Determinantes y asuntos ambientales para el ordenamiento territorial en el departamento del Caquetá. 77 p.

Dentro de la categoría de conservación y protección, se encuentran las zonas de uso y manejo definidas como áreas protegidas del SINAP, las áreas para protección y restauración. En el área del polígono APE Nogal no se identifico la presencia de áreas protegidas reconocidas y/o declaradas por la legislación nacional y no se encuentra traslapada con información cartográfica incorporada a la fecha por las diferentes autoridades ambientales en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), establecido en el Decreto 2372 del 2010.

Las áreas de conservación hacen referencia a aquellos lugares estratégicos de utilidad pública e interés social que comprenden dos tipos, las áreas de restauración de suelos y área forestal suburbana de interés recreativo. Los sitios de protección son clasificados en áreas protegidas, de recuperación y de manejo integral, como es el caso de las áreas de protección de riberas y suelos en zonas de inundación.

Dentro de las categorías de ordenación y zonas de uso y manejo en la zonificación ambiental de las cuencas hidrográficas los humedales, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, entre otros constituyen áreas de importancia ambiental y deben ser destinadas a los objetivos de conservación y preservación estricta.

Nuevamente se destaca el objetivo de la preservación, el cuál es, es mantener la composición, estructura y función de la biodiversidad, conforme su dinámica natural y evitando al máximo su intervención humana y sus efectos. (Colombia, Presidencia de la República, decreto 2372 de 2010).

En el 2012, Ricaurte y colaboradores identificaron la importancia y dimensión en áreas de los humedales presentes para esta área de influencia directa e indirecta. En un estudio detallado de caracterización de los humedales en la cuenca del río Orteguaza, con participación del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi y la financiación de la Convención de Ramsar, a través de la Dirección de Ecosistemas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. La distribución de humedales por cuencas hidrográficas mostraron que la cuenca del río Orteguaza contiene la mayor cobertura de humedales con el 35,94% (9.518 ha), seguida por las cuencas de los ríos Pescado, Bodoquero y San Pedro con una cobertura del 25,33% (6.709,9 ha), 18,83% (4.988,1 ha) y 10,82% (2.864,5 ha), respectivamente. La distribución de humedales por municipios se considera un dato importante para efectos de manejo y toma de decisiones a nivel local.

El inventario y mapa final a escala 1:100.000 da como resultado la presencia de 896 humedales activos, clasificados en siete tipos: complejos periódicamente inundables con cobertura herbácea-arbustiva, complejos permanentemente inundados con cobertura arbustiva-arbórea, pantanos herbáceos-arbustivos de interfluvio, pantanos periódicamente inundables con cobertura herbácea-arbustiva en islas, lagos permanentemente inundados con cobertura herbácea-arbustiva, lagos permanentemente inundados con cobertura arbustiva-arbórea y bosques riparios y palmares[234].

Milán es el municipio en donde se localiza la mayor cobertura de humedales con un 32,31% (8.557,3 ha). Esto se debe a que en este punto confluyen las aguas de los ríos

[234] Ricaurte, L.F.; Núñez-Avellaneda, M.; Pinilla, M.C.; Marín, C.A.; Velásquez-Valencia, A.; Alonso, J. C.; Mojica, J. I.; Betancourt, B.; Salazar, C.; Caicedo, D.; Acosta-Santos, A.; Castro, W.; Argüelles, J. H. (2015). *Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia.

Pescado, Bodoquero y Orteguaza, dando lugar a la formación de extensos planos inundables en donde se forma una gran diversidad de pantanos de gran complejidad ecológica. En orden de magnitud, le siguen los municipios de Florencia con el 17,84% (4.724,9 ha) de la cobertura total de humedales, La Montañita, con 12,88% (3.411,3 ha), y Morelia con 11,29% (2.990,2 ha), Valparaíso con 11,09% (2.937,2 ha) y Belén de los Andaquíes con 10,18% (2.696,2 ha). Otro resultado importante de este estudio es que la estimación de la zona de humedales no refleja la verdadera zona húmeda histórica (ocasionalmente, área inundada) debido a que el 76,9% de la zona de inundación activa ha sido transformada y convertida en pastizales. Incluyendo los pastos inundables, el área estimada de las zonas de humedal es el 29,3% de la región del estudio[235, 236].

Estos humedales proporcionan servicios ecosistémicos importantes que actúan como corredores para la biodiversidad en paisajes dominados por las actividades agropecuarias y de pesca.

Los investigadores Salgarriaga y Van der Hammen para 1988 con base en el análisis de una imagen de satélite de 1988 reportaron a partir de un estudio de coberturas de vegetación realizado para Caquetá, que en su área de estudio (limitada al oriente por divisoria de aguas de los ríos Yarí y Caguán, al occidente límites con el Huila y Cauca, al norte con Meta y al sur con el río Caquetá) la selva cubría un 57,3% para la época, desde el flanco oriental de la cordillera hacia el sur y desapareciendo en el alto del Caguán. No obstante los mismos autores reportan que las acciones de tala y quema de la selva seguían como parte del programa de asentamientos, lo que establece que en la actualidad la cobertura de la selva se redujo considerablemente, como lo demuestra el monitoreo de las coberturas de la tierra en la Amazonia colombiana que realiza el Instituto SINCHI y otras entidades desde al año 2008, a través del Sistema de Monitoreo de las Coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana.

3.2.1.2 Importancia ecológica de los ecosistemas actuales para la gestión del territorio

El polígono del APE Nogal se encuentra inmerso en su totalidad en la provincia biogeográfica identificada como distrito biogeográfico de unidad biogeográfica del Distrito Florencia, que incluye los departamentos de Caquetá, Cauca, Meta y Putumayo. Esta unidad presenta características coincidentes con los piedemontes del Putumayo, entre los 252 y 1079 m de altitud, por lo que su diversidad biológica tiene influencia tanto de la Cordillera Oriental como de la Selva amazónica. Esta condición favorece la presencia de varias especies de fauna con una larga historia evolutiva y representa quizás la mayor diversidad biológica de la Amazonía colombiana.

De acuerdo con el monitoreo de las coberturas de la tierra en la Amazonia colombiana se hace, desde al año 2008, a través del Sistema de Monitoreo de las Coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana –SIMCOBA, en el periodo comprendido entre 2012 al 2014, el departamento de Caquetá las coberturas de mayor área son el Bosque denso alto de

---

[235] Ricaurte, L.F., J. Jokela, A. Siqueira, M. Núñez-Avellaneda, C. Marin, A. Velázquez-Valencia & K. M. Wantzen. (2012). *Wetland Habitat Diversity in the Amazonian Piedmont of Colombia*. Wetlands 32:1189–12022.

[236] Ricaurte, L.F., K. M. Wantzen, E. Agudelo, B. Betancourt & J. Jokela. (2014). *Participatory rural appraisal of ecosystem services of wetlands in the Amazonian Piedmont of Colombia: elements for a sustainable management concept.* Wetlands Ecol Manage 22:343–361.

tierra firme (64,5%), los Pastos limpios (13,1%), Bosque denso alto inundable heterogéneo (4,8%), Mosaico de pastos y cultivos (4,4%) y Vegetación secundaria (3,7%). Los bosques son la cobertura de mayor área, sin embargo también las coberturas de Pastizales tienen más del 14% del total. Además, Caquetá presenta un 16% de áreas naturales, un 25,2 en áreas seminaturales y un 43,8% de áreas transformadas.

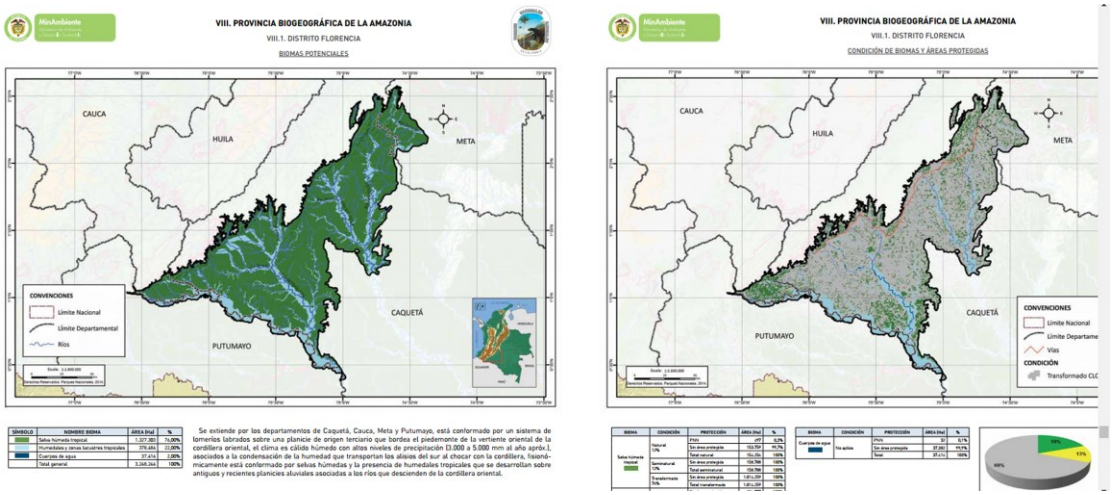


FIGURA 126. DISTRITOS Y BIOMAS POTENCIALES DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA
INSTITUTO SINCHI Y PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA, SIACT

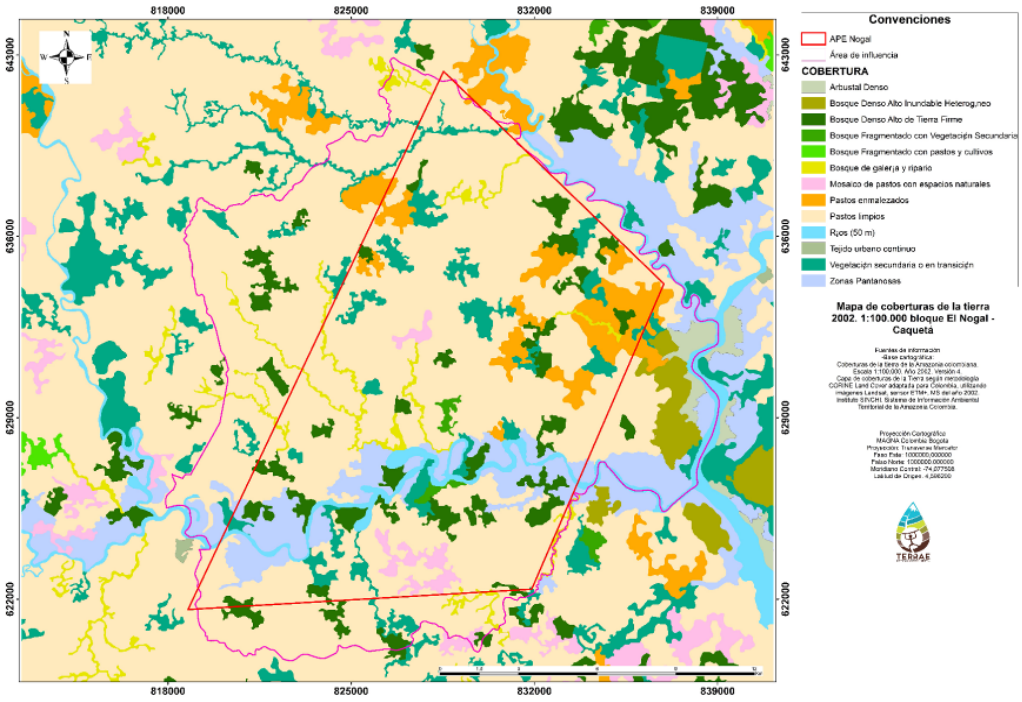
3.2.1.3 Reducción de la selva y otras coberturas vegetales en el área del APE Nogal

Con el fin de evidenciar el grado de transformación del área del bloque El Nogal, se analizó el cambio de la vegetación entre el los años 2002[237] y 2016[238], con base en la cartográfica generada por el SINCHI para la obtención de mapas de coberturas de la tierra (Figura 127, Tabla 35). Se evidencia una pérdida de vegetación natural, que se refiere a coberturas de Bosque denso, Bosque fragmentado y la Vegetación secundaria o en transición. Estas coberturas naturales "relictuales", así llamado lo que queda de la anterior selva y complejo de humedales, han pasado de extenderse 16,54 % para el año 2002 sobre el área total del bloque El Nogal, a un 14,32 % para el 2016, lo cual es un porcentaje muy reducido comparado con el reportado por otros autores para el año 1993.

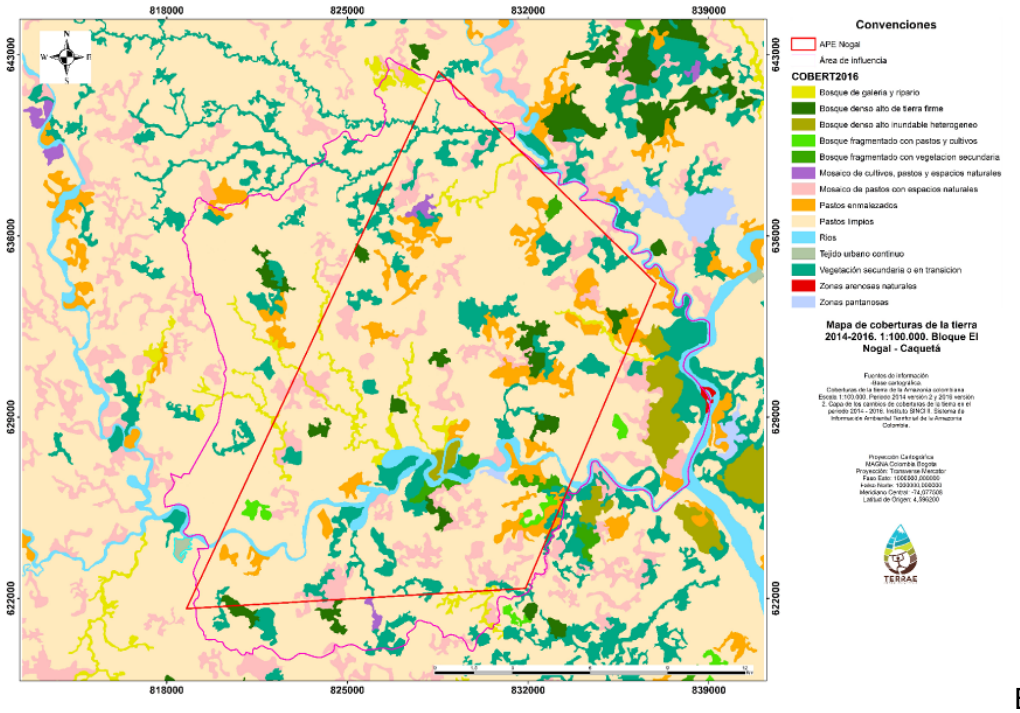
Por otro lado las coberturas transformadas, las cuales comprenden Mosaico de pastos y cultivos, Pastos limpios y Pastos enmalezados, aumentaron de un 72,33% en el 2002 a un 82,91% en el 2016. Además se resalta que las zonas pantanosas asociadas a la zona de inundación del río Bodoquero, disminuyeron de un 8,57% a un 0,12% (Anexo 17). Estos datos corroboran la continua reducción de la vegetación natural y la ampliación de coberturas destinadas a actividades económicas (cultivos y ganadería), lo cual puede estar asociado con la desecación y disminución de zonas pantanosas para la adecuación de terrenos a explotar.

[237] *Rincón E.,* Murcia U. G., Huertas C. M., Rodríguez J. M. y H. O. Castellanos. (*2002). Fichas técnicas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI". Bogotá, D.C.*

[238] *Murcia García U, Gualdrón A y M. Londoño. (2016). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el periodo 2012 al 2014 y coberturas del año 2014. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI". Bogotá, D.C.*



A



B

FIGURA 127. MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA A ESCALA 1:100.000 BLOQUE EL NOGAL PARA LOS AÑOS 2002 (A) Y 2016 (B), USANDO LEYENDA AJUSTADA A CORINNE LAND COVER (ACTUALIZADA PARA COLOMBIA). SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL DE LA AMAZONIA COLOMBIANA. SINCHI

TABLA 35. CAMBIOS EN EL ÁREA DE LAS COBERTURAS VEGETALES Y NÚMERO DE ÁREAS, PERIODO 2002-2016

COBERTURA	AÑO 2002		ÁREAS	AÑO 2016		ÁREAS	SITUACIÓN ACTUAL
	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)		ÁREA (Ha)	ÁREA (%)		
Bosque de galería y ripario	375,96	1,85	7	431,15	2,13	8	↑
Bosque denso alto de tierra firme	1466,86	7,24	26	425,05	2,10	9	↓
Bosque denso alto inundable heterogéneo				77,77	0,38	2	
Bosque fragmentado con pastos y cultivos				101,14	0,50	2	
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	113,33	0,56	2	181,20	0,89	4	↑
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales				46,73	0,23	4	
Mosaico de pastos con espacios naturales	349,06	1,72	2	1576,48	7,78	32	↑
Pastos enmalezados	1371,87	6,77	10	1358,65	6,70	23	↓
Pastos limpios	12942,44	63,84	4	13825,54	68,20	130	↑
Ríos				536,07	2,64		
Vegetación secundaria o en transición	1396,58	6,89	23	1686,84	8,32	32	↑
Zonas pantanosas	1738,35	8,58	14	25,26	0,12	1	↓
Total	**20271,88**	**100**		**20271,89**	**100**		

↑ AUMENTO, INCREMENTO DE COBERTURAS
↓ DECRECIMIENTO, DIMINUCIÓN, COBERTURAS
CARTOGRAFÍA ESCALA 1:100.00, SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL DE LA AMAZONIA COLOMBIANA. SINCHI

Dentro de las coberturas naturales reportadas se resalta que los Bosque de galería y ripario, Bosque denso alto de tierra firme y Bosque denso alto inundable heterogéneo (Fotografía 121), son fragmentos de gran importancia ya que son parte de la selva que algún día pudo existir en la región y que logran mantener los servicios ambientales que ésta provee, como es el refugio de animales y plantas asociados a éstos bosques.

Dentro de estas coberturas el bosque denso alto de tierra firme es el que presenta una evidente reducción pasando del 7,23% al 2,09% del área total, con una pérdida de más de la mitad de los fragmentos que reportaban inicialmente (de 26 pasa a 9 fragmentos), fragmento que oscilan entre 155,13 ha de área máxima y 14,37 ha de área mínima.

Para el caso de los Bosques de galería y ripario se encuentra que ha aumentado de un 1,85% a 2,12% del total del área analizada (Anexo 17), lo cual puede ser resultado del avance de éste tipo de Bosque hacia las áreas que antes se identificaban como coberturas de Zonas pantanosas (Fotografía 121A) cerca de los ríos y que han sido desecadas.

La cobertura de Bosque denso alto inundable heterogéneo, asociado a las zonas comúnmente identificadas como “Palmares o Cananguchales”, son áreas inundables de selva presentes en la planicie de inundación de los ríos[239], ésta cobertura no se reporta para el 2002 en el bloque El Nogal, pero si en la zona aledaña a la desembocadura del río Pescado en el río Orteguaza, no obstante en el 2016 se reportan dos fragmentos dentro

[239] Lasso, C.A. (2013). *Morichales y cananguchales de la Orinoquía y Amazonía: Colombia-Venezuela*. Parte I. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá D.C.

del bloque que alcanzan 0,32% del área total, los cuales se ubican cercanos a una de las cochas del río Pescado, donde anteriormente se identificaban área pantanosas.



A B C

FOTOGRAFÍA 121. ÁREAS NATURALES, COBERTURAS BOSCOSAS
COBERTURA DE BOSQUE DE GALERÍA Y RIPARIO (A), BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME(B) Y BOSQUE DENSO ALTO INUNDABLE HETEROGÉNEO (C) BLOQUE EL NOGAL



A B C

FOTOGRAFÍA 122. ÁREAS NATURALES CON ALGÚN GRADO DE ALTERACIÓN
COBERTURAS DE ZONAS PANTANOSAS (COCHA TECHO ROJO CERCANA AL RÍO PESCADO) (A), BOSQUE FRAGMENTADO (B) Y VEGETACIÓN SECUNDARIA (C) BLOQUE EL NOGAL

Las coberturas de Bosque fragmentado aunque ya presenten alteración (Fotografía 122B), mantienen en algún grado características y elementos de la vegetación inicial que pueden ser condiciones importantes para la conectividad entre bosques, y los beneficios que esto conlleva (provisión de alimento, movilidad para la fauna, dispersión de plantas, etc). No obstante se encontró que dentro de éstas coberturas se han implementado cultivos y pastizales o han sido alterados y ahora se presentan mezclado con vegetación secundaria, que es el resultado de un bosque talado en algún momento y que ha presentado una regeneración pero se encuentra en un estado inmaduro. Desafortunadamente, es la cobertura de Vegetación secundaria o en transición (Fotografía 122C) la que presenta un aumento de fragmentos, pasando de 6,89% a 8,32% del área total, y de 23 a 32 fragmentos dispersos en el paisaje (Anexo 17).

Dentro de las coberturas transformadas, los Pastos limpios (Fotografía 123A) presentan mayor extensión y mayor ampliación de sus áreas en el tiempo, pasando de un 63,84% en el 2002 a un 68,20% en el 2016, siendo ésta la matriz en donde se encuentran inmersos las demás coberturas identificadas y la que representa la actividad económica dominante en la zona como lo es la ganadería. Sin embargo se resalta que la cobertura de Mosaico de pastos con espacios naturales (Fotografía 123B) presenta un aumento considerable entre el año 2002 al 2016, pasando de 1,72% a 7,77% del área total, y que la cobertura de Pastos enmalezados (Fotografía 123C) se mantienen en un 6,7% en el mismo lapso de tiempo (Anexo 17).

Estas dos últimas coberturas dentro de las áreas transformadas se presentan en el mapa del año 2016 (Figura 124B), relacionadas con áreas que permanecen inundadas o

encharcadas estacionalmente como resultado de recarga por precipitación y/o pulsos de inundación en la zona, lo cual reduce su capacidad de uso para pastoreo y permite la permanencia o colonización de otras especies aparte de los pastos comerciales usados para la ganadería.

El análisis del componente agua del presente estudio, con relación a la dinámica hidrográfica de la zona, establece que las altas precipitaciones, así como los pulsos de inundaciones de los grandes ríos del Bodoquero y Pescado, reportados en la época de lluvias, determina estacionalmente un flujo continuo aunque lento de las pequeñas quebradas, y en algunos casos una conexión entre las mismas; mientras que en épocas secas determinan quebradas de aguas quietas que pueden presentar sistemas de humedales asociados. A partir de esto, es probable que la vegetación que se establece en éstas áreas de humedales también responda a la dinámica hídrica, presentándose un recambio de especies de plantas de acuerdo a los niveles del agua.

Se han reportado y caracterizado 62 humedales que alcanzan un área de 574,3 ha, entre "chuquias" y "cananguchales" presentes en el bloque El Nogal, asociados a las depresiones que se forman entre los lomeríos (vallecitos inundables), así como a zonas presentes en la planicie de inundación de los ríos y a la zona de desborde de las quebradas (Fotografía 124). Los "cananguchales" estas dominados por la palma *Mauritia flexuosa,* no obstante la estructura y la composición de estos bosques varían dependiendo de la unidad geomorfológica ocupada, del nivel de inundación y del tipo de bosque circundante[240]. Es así que los humedales se relacionan con coberturas de vegetación tales como Pastos enmalezados y Mosaicos de pastos con espacios naturales dentro de las áreas transformadas, así como a las coberturas de Bosque inundable dentro de las áreas naturales.

Estas coberturas no presentan grandes tamaños de fragmentos (Anexo 17) y tienen gran vulnerabilidad a cambios en la dinámica del agua, así como a su desecación con fines productivos. Es de resaltar que los humedales funcionan como reservorios biológicos, por proveer de recurso a especies de animales y plantas adaptadas a sus condiciones, así como para la obtención de agua para todas las actividades humanas, todos los habitantes dependen para el consumo de agua de las "moyas" y manantiales, ya que no existen acueductos veredales; de igual manera es importante resaltar su función como áreas amortiguadoras de los pulsos extremos en la precipitación y dinámica de inundaciones.

Es así que humedales se pueden relacionar con coberturas de vegetación tales como Pastos enmalezados y Mosaicos de pastos con espacios naturales dentro de las áreas transformadas, así como a las coberturas de Bosque inundable o Bosques de galería dentro de las áreas naturales. Estas coberturas en general no presentan grandes tamaños ni cantidades de fragmentos (Anexo 17) y tienen gran vulnerabilidad a cambios en la dinámica del agua, así como a su desecación con fines productivos[241]. Es de resaltar su función hidrológica como áreas amortiguadoras de los pulsos extremos en la precipitación

[240] Bernal G., R.G., R. Gradstein & M. Celis, editores. (2016). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, Vol. 1.

[241] Ricaurte L. F., Wantzen K. M., Agudelo E., Betancourt B., & J. Jokela, 2014. Participatory rural appraisal of ecosystem services of wetlands in the Amazonian Piedmont of Colombia: elements for a sustainable management concept. Wetlands Ecol Manage 22:343–361

y dinámica de inundaciones[242] [243]. Sin embargo, son los humedales uno de los ecosistemas más amenazados por deterioro debido a su gran vulnerabilidad por presión antrópica o actividades humanas[244] y por tanto se han vinculado estrategias de conservación y restauración de humedales a instrumentos de gestión y manejo a nivel nacional e incluso internacional (Convención RAMSAR). No obstante, según la visión de expertos[245], las acciones llevadas a cabo desde la organización de la comunidad y donde se usan figuras de protección de áreas como son las Reservas de la Sociedad Civil, pueden tener resultados más efectivos por su total conexión con los actores y su conocimiento de las necesidades del territorio, en la proyección de un desarrollo responsable y sustentable[246].



A B C

FOTOGRAFÍA 123. ÁREAS TRANSFORMADAS
PASTOS LIMPIOS (A), MOSAICO DE PASTOS CON ESPACIOS NATURALES (B), PASTOS ENMALEZADOS (C) EN EL ÁREA DE ESTUDIO BLOQUE EL NOGAL



FOTOGRAFÍA 124. ÁREAS DE HUMEDALES
RELACIONADAS CON CUERPOS DE AGUA O ZONAS DE ENCHARCAMIENTO RESULTADOS DE PICOS DE INUNDACIÓN EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS EN EL BLOQUE EL NOGAL

[242] Mitsch W.J. & J.G. Gosselink (2000). *The value of wetlands: importance of scale and landscape setting*. Ecological Economics 35:25–33
[243] Zedler J.B. & S. Kercher (2005) *Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability*. Annual Review of Environment and Resources 30:39–74
[244] RAMSAR 2006. Ramsar. 2006. *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*, 4th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland
[245] Ricaurte L.F. PhD Environmental Sciences. Wetland scientist. Freelance-Consultant. Co-Chair International Chapter, Latin America and the Caribbean, Society of Wetland Scientist (SWS). Comunicación personal. Entrevista vía Skype, realizada el 28 de agosto 2017.
[246] Siqueira a., Ricaurte L.F., Borges G.A., Nunes G.M, K.M. Wantzen 2015. *The role of private rural properties for conserving native vegetation in Brazilian Southern Amazonia*. Reg Environ Change. DOI 10.1007/s10113-015-0824-z

3.2.1.4 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidos en lo local

La biodiversidad tiene una expresión territorial concreta (ecosistemas, especies e individuos) en cualquier región o municipio del país. Esta riqueza ha sido el soporte y el marco de contexto en el que las diferentes culturas se han venido desarrollando. Esta estrecha relación, manifestada a diferentes escalas, se expresa y entiende como la relación interdependiente entre los sistemas ecológicos y los sistemas sociales, en que la biodiversidad le da cuerpo a la cultura, a su vez, transforma y estructura el arreglo espacial de la biodiversidad. La relación entre los sistemas ecológico y social, se establece por el continuo suministro de servicios ecosistémicos (aprovisionamiento, regulación, culturales y soporte), que el sistema ecológico presta a diferentes escalas y los cuales son claves para el mantenimiento del bienestar humano y de otro lado, las diferentes acciones adelantadas por el ser humano para garantizar la conservación de la biodiversidad, de la cual se derivan dichos servicios ecosistémicos, así como también las presiones que las actividades antrópicas generan en la biodiversidad.

Categorías de conservación y protección ambiental en lo local

Se incluye las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental de acuerdo con la legislación vigente y las que hacen parte de la estructura ecológica principal (Decreto 3600 de 2007, capítulo II, articulo 4).

En el Esquema de Ordenamiento territorial EOT del municipio de Morelia (Tabla 35), específicamente en lo referente a la zonificación para la reglamentación de los usos del suelo de protección urbano y rural presenta las siguientes categorías:

TABLA 36. CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO RURAL EN EL MUNICIPIO DE MORELIA

CATEGORÍAS	ÁREAS	ZONAS CONTENIDAS
Áreas de protección en suelo urbano	Especial importancia ecosistémica	Faja paralela al río Bodoquero de protección hidráulica Ronda humedal de protección hidráulica
Conservación y protección ambiental	Especial importancia ecosistémica	Nacimientos de agua (rondas) y zonas de recarga de acuíferos Franjas de protección hidráulica de fuentes hídricas, humedales y cananguchales (ronda) Terrenos con pendientes mayores del 75% Bosque municipal
Producción agrícola y Ganadera y de Explotación de recursos naturales	Producción agropecuaria	Piedemonte y Valles aluviales (exceptuando el suelo suburbano)
	Producción Agroforestal	Lomeríos amazónicos y montaña baja
	Explotación de recursos naturales	Extracción de material de arrastre Extracción de arcilla
Patrimonio cultural y ambiental	Sitios de interés ambiental	Cascada La Diabla Cananguchal Arapaima Cananguchal Nanicuní
Sistema de servicios públicos domiciliarios	Acueducto	Microcuenca qdas. La Batea y La Babilla Punto de captación y caseta de bombeo río Bodoquero: N01°29'11,02" y W75°43'45,94" Tanque elevado: N01°29'00,81" y W75°43'31,77"
Riesgos no mitigables	Inundaciones torrenciales	Llanuras aluviales de los ríos Bodoquero y Pescado, y quebradas Agua Caliente, La Marimba y La Cándido

EOT MUNICIPIO DE MORELIA, 2013

En la definición de Políticas, objetivos y estrategias de corto y mediano plazo el Municipio de Morelia define en el tema ambiental la política de Conservación, protección y calidad del ambiente y del espacio público rural[247], con los siguientes objetivos y estrategias:

Objetivos:

- *"• Asegurar el suministro de agua limpia (potable) a la población rural, a través de sistemas de acueductos veredales, manteniendo las fuentes hídricas abastecedoras conservadas y aisladas de la intervención antrópica.*
- *Mantener una oferta ambiental de espacio público rural adecuado y abierto que armonice y garantice la estabilidad de la estructura ecológica principal y la de los elementos ambientales de conservación e exclusión del sistema vial del municipio.*
- *Generar incentivos económicos y ambientales para la organización y adecuación del Turismo de naturaleza itinerante a partir de los atractivos físicos que oferta el medio ambiente natural (río Bodoquero, Humedales y Cananguchales), garantizando la recreación y esparcimiento de la población residente y visitante.*
- *Impulsar el desarrollo y construcción de infraestructura ecoturística en los atractivos físicos identificados (río Bodoquero, Humedales y Cananguchales), estimulando el sentido de pertenencia.*
- *Aumentar la rentabilidad económica de la población rural, impulsando alternativas de negocios ecológicos a partir de oferta de los atractivos físicos identificados en el medio natural.*
- *Generar un instrumento que permita la preservación histórica de los elementos culturales del paisaje (río Bodoquero y Cananguchal) incentivando el orgullo de población e incentivando la memoria social de Morelia".*

Estrategias:

- *"• Formulación de planes de manejo ambiental de ecosistemas estratégicos (humedales y cananguchales).*
- *Adquisición de predios sobre los nacimientos de microcuencas hidrográficas surtidoras de sistemas de acueductos veredales.*
- *Plan de recuperación, restauración y conservación de la oferta ambiental natural de espacio público rural articulada a la estructura ecológica principal y la de los elementos ambientales de conservación e exclusión del sistema vial del municipio.*
- *Establecimiento de un incentivo económico y ambiental para la organización y adecuación del Turismo de naturaleza itinerante.*
- *Gestión de recursos para la formulación de proyectos de preinversión (diseño) e inversión (construcción) para el desarrollo y construcción de infraestructura ecoturística en los atractivos físicos identificados.*
- *Apoyo a la constitución de microempresas que impulsen negocios ecológicos, a partir de oferta de los atractivos físicos identificados en el medio natural.*

[247] Municipio de Morelia, Departamento de Caquetá. (2013). Esquema de ordenamiento territorial 2013-2027. Documento resumen. Morelia, 59 Pags.

- *Formulación y reglamentación de un instrumento que permita la preservación histórica de los elementos culturales del paisaje (río Bodoquero y Cananguchales)*
- *Fortalecimiento del Comité Institucional de Educación ambiental con la orientación de CORPOAMAZONIA.*
- *Revisión, evaluación y ajuste de los Planes de: Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV; Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS y de Ahorro y Uso Eficiente del Agua – PAUEA en el sector rural del municipio.*
- *Formación de productores, apoyo administrativo, operativo y financiero a las cadenas productivas.*
- *Creación de un fondo rotativo de fomento agropecuario.*
- *Realizar alianzas estratégicas con entidades gubernamentales y no gubernamentales para el desarrollo de proyectos y actividades.*
- *Ejecución de acciones encaminadas al conocimiento y reducción de riesgos, y al manejo de desastres".*

Los usos del suelo rural del municipio de Valparaíso, de acuerdo al Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT, 2010) se relacionan en la siguiente tabla.

TABLA 37. CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO RURAL EN EL MUNICIPIO DE VALPARAÍSO

CATEGORÍAS	ZONAS	SISTEMAS CONTENIDOS
Zona de Desarrollo Agropecuario Sostenible	Subzona de Manejo Integral	Manejo integral, conservación, cultivos amazónicos, forestería, piscícola, recuperación
	Subzona de Manejo Integral y Ganadería	Manejo integral, conservación, cultivos amazónicos, agricultura de subsistencia, piscicultura, recuperación
	Subzona de Manejo Integral y Forestal	Forestería, manejo integral, Conservación, recuperación.
Zona suburbana (zona de protección ambiental)	Subzona Cananguchales	Conservación, recuperación, Manejo especial
	Subzona nacimientos y rondas hídricas	Conservación, recuperación

TOMADO DE C&MA; EMERALD ENERGY, 2017

3.2.2 Cambios de las coberturas vegetales en la zona de estudio

Verificar cuanto queda de selva a una escala de mayor detalle, es una herramienta útil y esencial para la sustentación de la defensa del territorio en términos ambientales, ya que es un elemento vital en los planes de ordenamiento y planificación territorial[248], en pro de mantener los servicios ambientales que aún puede prestar, dentro de los cuales el más importante es ayudar a la regulación y calidad del agua, prevenir la erosión y reducir la vulnerabilidad a los riesgos naturales o generados por el hombre. Para tener un mayor acercamiento a la vegetación natural existentes en el bloque El Nogal, se analizó la

[248] Municipio de Morelia, Departamento de Caquetá. (2013). *Esquema de ordenamiento territorial 2013-2027*. Documento resumen. Morelia, 59 Pags.

imagen de las coberturas de la tierra a escala 1:25.000 del año 2014 (Figura 128) [249], la cual permite mayor detalle y por tanto exactitud a la hora de verificar coberturas naturales que aún se presentan. Además se analizan las áreas inundables, obtenidas a partir del análisis del DEM, 2017[250], las cuales se visualizan sobre las coberturas de la tierra a escala 1:25.000.

Se encontró en términos generales que las áreas naturales, que incluyen coberturas como Bosque de galería y ripario, Bosque alto de tierra firme (denso y abierto), Bosque alto inundable (denso y abierto), Bosque fragmentado de tierra firme y Vegetación secundaria o en transición, se extienden a un 28,47% (7.803,8 ha) del área total, siendo un 10% más extenso de lo reportado con mapas de menor detalle. Por otro lado, las áreas transformadas que incluyen las coberturas de Pastos limpios, Pastos enmalezados, Pastos inundables y Pastos arbolados, presentan un 58% correspondiente a 15.916,1 ha, siendo esto 24% menos de lo reportado. Esto significa que con un mayor detalle se puede evidenciar mayor número de fragmentos de vegetación natural de pequeños tamaños, lo cual se corrobora al registrarse fragmentos de diversos tipos de bosque (Bosque de galería, Bosque alto de tierra firme y Bosque alto inundable) con áreas mínimas de hasta 1 ha, y se registra un destacado aumento del número de fragmentos de vegetación natural (702) comparado con lo reportado en las imágenes de menor detalle (58). Estos fragmentos se encuentran inmersos en la gran matriz de la cobertura de Pastos limpios, la cual sigue reportando la mayor extensión y es la más representativa en el polígono del APE Nogal, pero para éste caso alcanza solo el 38% del área total. Además, la cobertura de Vegetación secundaria presenta la mayor extensión entre las coberturas de vegetación natural (10,25%) y con un número de fragmentos de 370, aunque con tamaños promedios más bajos (7,6 ha), seguida de la cobertura de Bosques de galería con 110 fragmentos, aunque con tamaños promedios de fragmentos más grandes (13,56%).

Al identificar mayor presencia de fragmentos de vegetación natural dispersos en la zona de estudio, se puede plantear acciones de manejo que busquen la conectividad entre los mismos por medio de corredores biológicos, lo cual sustentaría la recuperación estructural y funcional de la selva a futuro y aseguraría el mantenimiento de los servicios ambientales que este ecosistema brinda. Estas acciones se pueden plantear dentro de estrategias de restauración, rehabilitación o recuperación de acuerdo a las condiciones de alteración en las que se encuentra el ecosistema [251] [252], y donde se pueden emplear los elementos

[249] The Nature Conservancy (TNC), la GIZ, Agencia Alemana de Cooperación Internacional, por encargo de del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de la República Federal de Alemania, la agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID. (2015). *Mapa de coberturas de la tierra escala 1:25.000, con base en la interpretación de imagen RapidEye de los años 2010 al 2014 y aproximación al método Corine Land Cover*, en 4.963.809 hectáreas en el departamento de Caquetá, Colombia.

[250] DEM (2017). *Dataset: ASF DAAC 2015, ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected high res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 26 September 2015. DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA*

[251] MADS 2015. *Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. 92 p. Bogotá, D.C. Colombia. [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACI%C3%93N_2.pdf].

[252] MADS. (2012). *Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad. Dirección de Bosques y Servicios Ecosistémicos*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/gestion_en_biodiversidad/180912_manual_compensaciones.pdf].

presentes en el paisaje, como los fragmentos dispersos de vegetación natural [253], en áreas a conectar y las zonas de bosque ripario de diversos tamaños [254], así como las cercas con presencia de árboles dispersos o con pequeños núcleos de vegetación, como posibles conectores de esos fragmentos. Estas acciones son pautas necesarias para reducir el riesgo de perder especies de plantas y animales que actualmente pueden estar condenadas a la extinción por presentarse confinados a áreas de selva muy pequeñas que siguen siendo alteradas y por tanto aumentando el riesgo de reducir el recurso vital para su subsistencia.

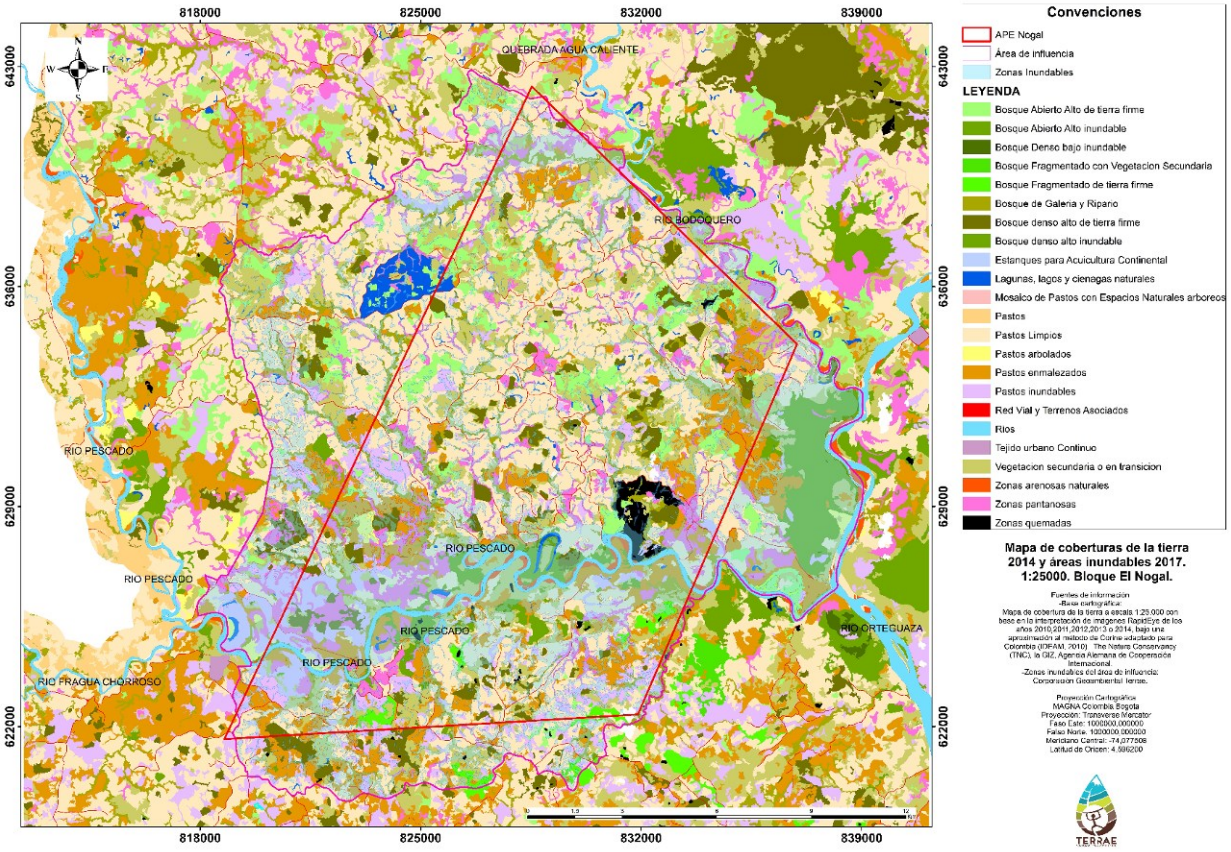


FIGURA 128. MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA AÑO 2014 Y ÁREAS INUNDABLES AÑO 2017, PRESENTES EN EL BLOQUE EL NOGAL A ESCALA 1:25.000
BASE CARTOGRÁFICA A PARTIR DE INTERPRETACIÓN DE IMAGEN RAPIDEYE Y LEYENDA CORINE LAND COVER
FUENTE: TNC-GIZ

Algunas de las especies presentes en selvas y específicamente registrada para la región del Caquetá, ya han sido asignadas en distintas categorías de amenaza de acuerdo a estándares nacionales e internacionales debido a la alta presión que se está ejerciendo sobre sus poblaciones y en otros casos con criterios de manejo especial, según

[253] Norden N., Chazdon R., Chao A., Jiang Y., B. Vílchez-Alvarado. *Resiliencia en bosques tropicales húmedos: reensamblaje de las comunidades de árboles en bosques secundarios*. En: O. Vargas & S. Reyes (Eds). La Restauración Ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica.
[254] Naiman, R. J. & H. Décamps. (1997). *The ecology of interfaces: Riparian zones.* Annual Review of Ecology and Systematics. 28:621-658.

legislación ambiental, debido a la reducción acelerada de la selva, así como por su explotación descontrolada bien sea por ser plantas maderables o animales de caza con poblaciones reducidas por su sobreexplotación. Esto será abordado con mayor detalle más adelante.

En cuanto a las áreas inundables se corrobora que están relacionadas con la gran planicie de inundación del río Pescado, así como de las zonas de desborde de las quebradas y a las zonas pantanosas reportadas. Además ésta imagen confirma la hipótesis de que en pulso de inundación es posible que se conecten los humedales, con las quebradas y éstas con la planicie de inundación del río, formando una gran red de conexión de aguas. Esta red muy seguramente está relacionada con las dinámicas y ciclos de vida de las especies de plantas presentes en las coberturas vegetales, que están asociadas con las zonas inundables[255]. Es el caso, por ejemplo, de la cobertura de Bosque inundable heterogéneo y "cananguchales", en donde muchas especies botan sus frutos en la temporada de inundaciones con el fin de que sus semillas puedan ser dispersadas por el agua, lo cual posibilita la colonización de un sitio apto para su germinación y establecimiento lejos de la planta parental, lo que reduce la competencia con muchas plántulas germinadas cerca a los árboles padre y así asegurar su sobrevivencia. A partir de lo anterior, resalta la necesidad de mantener las coberturas vegetales asociadas con las zonas de inundación en pro de reducir los riesgos de la erodabilidad del terreno y de mantener la disponibilidad del recurso agua al interior del bloque, recurso vital para la sobrevivencia de las especies, así como para la sostenibilidad de las comunidades humanas.

3.2.3 Coberturas naturales y ecosistemas de importancia ecológica en el área de influencia directa del proyecto

Con base en el mapa de coberturas vegetales con base en la interpretación de imágenes RapidEye para el año 2014 a escala 1:25.000 y con el método de Corine adaptado para Colombia (IDEAM, 2010), generado por The Nature Conservancy (TNC) y la GIZ, Agencia Alemana de Cooperación Internacional, con este insumo se realizó el corte para el área del polígono del APE Nogal y se analizaron los cálculos de las coberturas para este periodo.

Se identificaron para el área de influencia directa del APE Nogal un total de 532 áreas de significancia ambiental que ocupan un área de 4603,69 hectáreas que corresponden a un 22,98% consideradas ecosistemas ambientalmente frágiles o sensibles, mientras que 222 áreas con 2558,75 hectáreas correspondiente al 12,7% de coberturas boscosas de Bosques de tierra firme y Bosques inundables hacen parte de los ecosistemas estratégicos. En total se encuentra un total de 7162,44 hectáreas correspondientes al 35.68% del total del área en categorías de protección para la conservación y preservación.

Por otra parte, la cobertura Vegetación secundaria o en transición que para el caso es definida por el Instituto SINCHI para la Amazonía como:

[255] Prieto A., Arias J.C. & A. Rudas. *Vegetación de humedal. Capítulo 9, Tras las huellas del agua.* En: Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp

"Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se origina luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre".

Representa en el área 2626,07 hectáreas y un 13,11%, lo que sumaría un total de 48,79% en áreas de protección.

TABLA 38. CATEGORÍAS DE COBERTURAS Y ÁREAS CON ECOSISTEMAS AMBIENTALMENTE FRÁGILES O SENSIBLES Y ÁREAS ESTRATÉGICAS

COBERTURA	APE Nogal		ÁREAS
	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)	
Bosque Abierto Alto de tierra firme	867,66	4,33	83
Bosque Abierto Alto inundable	154,61	0,77	1
Bosque de Galería y Ripario	1018,94	5,09	109
Bosque denso alto de tierra firme	993,86	4,96	90
Bosque denso alto inundable	397,00	1,98	43
Bosque Fragmentado de tierra firme	145,62	0,73	5
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	98,68	0,49	36
Pastos arbolados	71,85	0,36	3
Pastos enmalezados	2382,57	11,89	177
Pastos inundables	1485,96	7,42	146
Pastos Limpios	7551,70	37,70	257
Ríos	294,81	1,47	3
Vegetación secundaria o en transición	2626,07	13,11	369
Zonas arenosas naturales	97,95	0,49	22
Zonas pantanosas	1607,35	8,02	216
Zonas quemadas	236,51	1,18	19
Total	**20031,1445**	**100**	

TOMADO CON BASE CARTOGRÁFICA MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA A ESCALA 1:25.000 EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA. (2015). THE NATURE CONSERVANCY (TNC) - AGENCIA ALEMANA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL (GIZ)

De especial interés en el área se presentan diferentes tipos de humedales, los cuales revisten gran importancia por cumplir un rol básico en la satisfacción de necesidades de la población (fuente de agua, alimento, recreación e, indirectamente, salud y bienestar) por ser fuente de recursos forrajeros, forestales y pesqueros. Se incluye las áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental de acuerdo con la legislación vigente y las que hacen parte de la estructura ecológica principal (Decreto 3600 de 2007). También por mantener funciones ecosistémicas relacionadas con la depuración de las aguas al retener sedimentos, sustancias contaminantes y nutrientes, y por contribuir al equilibrio ecológico (regulación hídrica y climática), a los ciclos biogeoquímicos del planeta y a la riqueza de

fauna, flora y microorganismos[256,257]. Además, dentro de las categorías de ordenación y zonas de uso y manejo en la zonificación ambiental de las cuencas hidrográficas los humedales, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, entre otros constituyen áreas de importancia ambiental y deben ser destinadas a los objetivos de conservación y preservación estricta.

En la siguiente figura se presenta el Mapa de coberturas vegetales para el año 2014 y la identificación de las áreas de conservación y protección ambiental[258].

Sistema de humedales

De acuerdo a la forma de definir los humedales en lo establecido por el Convenio Ramsar, esta definición incluye criterios de tipo físico: las geoformas o formas de la tierra, la hidrología, los suelos., de tipo biológico con los tipos de vegetación y reconoce además la importancia de los seres vivos adaptados a estos ecosistemas.

[256] RAMSAR 2013. The Ramsar *Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*, 4th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

[257] Ricaurte, L.F.; Núñez-Avellaneda, M.; Pinilla, M.C.; Marín, C.A.; Velásquez-Valencia, A.; Alonso, J. C.; Mojica, J. I.; Betancourt, B.; Salazar, C.; Caicedo, D.; Acosta-Santos, A.; Castro, W.; Argüelles, J. H. (2015). Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia.

[258] Mapa elaborado con base a DEM de 12m. Dataset: ASF DAAC 2015, A LOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected high res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 26 September 2015. DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA y Mapa de cobertura de la tierra a escala 1:25.000 en 4.963.809 hectáreas en el departamento de Caquetá, Colombia. (2015). The Nature Conservancy (TNC), la GIZ, Agencia Alemana de Cooperación Internacional, por encargo de del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) de la República Federal de Alemania, la agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID.

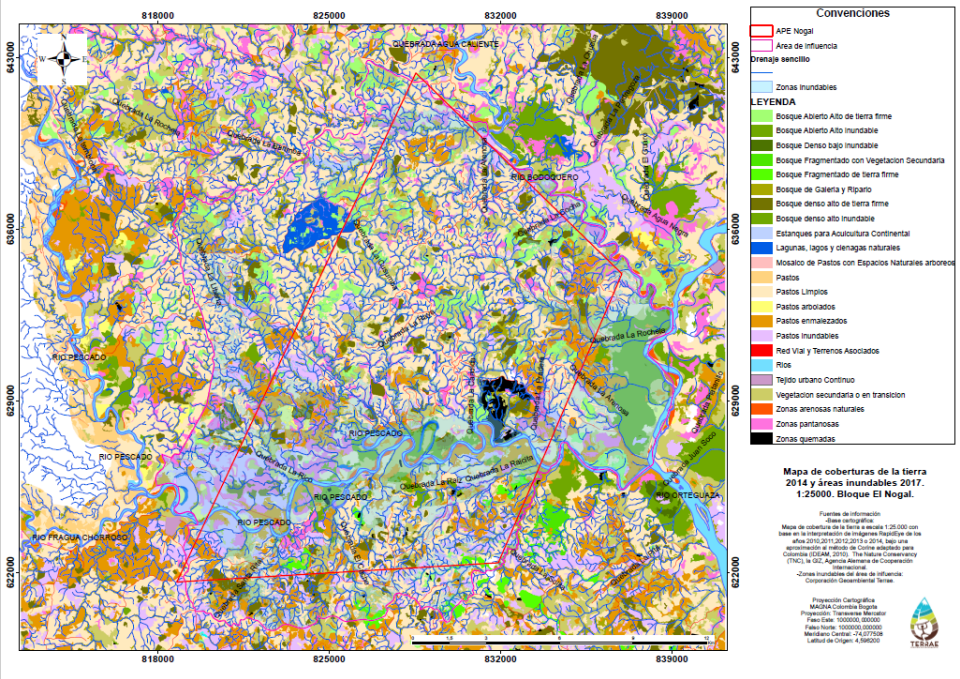
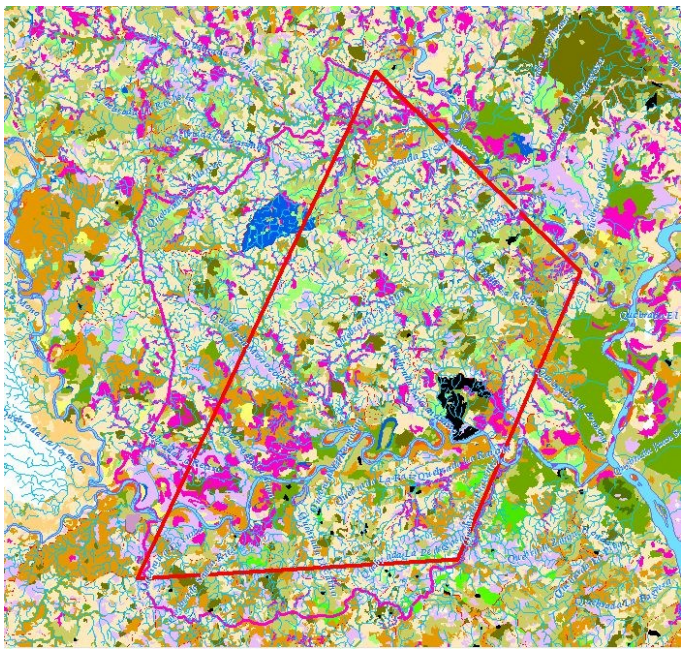


FIGURA 129. A. MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA 2014 Y ÁREAS INUNDABLES 2017
BASE CARTOGRÁFICA MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA A ESCALA 1:25.000 EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA. (2015). THE NATURE CONSERVANCY (TNC) Y AGENCIA ALEMANA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL (GIZ)



B. DETALLE DEL MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA 2014 EN EL POLÍGONO APE NOGAL.
BASE CARTOGRÁFICA MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA A ESCALA 1:25.000 EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ, COLOMBIA. (2015). THE NATURE CONSERVANCY (TNC) Y AGENCIA ALEMANA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL (GIZ)

En la siguiente tabla se describen los tipos de humedales continentales o interiores, de acuerdo a la clasificación de la Convención Ramsar.

TABLA 39. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES CONTINENTALES PROPUESTO POR LA CONVENCIÓN DE RAMSAR

Humedales continentales
L - Deltas interiores (permanentes).
M - Ríos/arroyos permanentes; incluye cascadas y cataratas.
N - Ríos/arroyos estacionales/intermitentes/irregulares.
O - Lagos permanentes de agua dulce (de más de 8ha); incluye grandes madre viejas (meandros o brazos muertos de río).
P - Lagos estacionales/intermitentes de agua dulce (de más de 8ha); incluye lagos en llanuras de inundación.
Q - Lagos permanentes salinos/salobres/alcalinos.
R - Lagos y zonas inundadas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos.
Sp - Pantanos/esteros/charcas permanentes salinas/salobres/alcalinos.
Ss - Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos.
Tp - Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce; charcas (de menos de 8 ha), pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.
Ts - Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.
U - Turberas no arboladas; incluye turberas arbustivas o abiertas ("bog"), turberas de gramíneas o carrizo ("fen"), bofedales, turberas bajas.
Va - Humedales alpinos/de montaña; incluye praderas alpinas y de montaña, aguas estacionales originadas por el deshielo.
Vt - Humedales de la tundra; incluye charcas y aguas estacionales originadas por el deshielo.
W - Pantanos con vegetación arbustiva; incluye pantanos y esteros de agua dulce dominados por vegetación arbustiva, turberas arbustivas ("carr"), arbustales de Alnus sp; sobre suelos inorgánicos.
Xf - Humedales boscosos de agua dulce; incluye bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente, pantanos arbolados; sobre suelos inorgánicos.
Humedales continentales
Xp - Turberas arboladas; bosques inundados turbosos.
Y - Manantiales de agua dulce, oasis.
Zg - Humedales geotérmicos.
Zk(b) - Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, continentales.

Nota: "llanuras de inundación" es un término utilizado para describir humedales, generalmente de gran extensión, que pueden incluir uno o más tipos de humedales, entre los que se pueden encontrar r, ss, ts, w, xf, xp, y otros (vegas/praderas, sabana, bosques inundados estacionalmente, etc.).

RICAURTE, ET AL. 2015. INVENTARIO Y TIPIFICACIÓN DE HUMEDALES EN LACUENCA DEL RÍO ORTEGUAZA, DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ, AMAZONIA COLOMBIANA.[259]

[259] Ricaurte, L.F.; Núñez-Avellaneda, M.; Pinilla, M.C.; Marín, C.A.; Velásquez-Valencia, A.; Alonso, J. C.; Mojica, J. I.; Betancourt, B.; Salazar, C.; Caicedo, D.; Acosta-Santos, A.; Castro, W.; Argüelles, J. H. (2015). Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia.

3.2.4 Descripción de los ecosistemas actuales ambientalmente frágiles o sensibles

3.2.4.1 Madreviejas, Chuquias y Cochas

Hidrográficamente está influenciado por tres ríos (Orteguaza, Pescado y Bodoquero) en orden de capacidad de transporte de caudales y por un complejo sistema de cuerpos de agua que a su vez funcionan como zonas de amortiguación de crecientes de estos tres grandes ríos. El sistema local que está compuesto por cuerpos de agua con características ambientales de cuerpos tanto lóticos como lénticos, es decir cuerpos de agua con características de aguas aparentemente quietas o estancadas y quebradas con pendientes bajas. De carácter abierto o cubiertas con vegetación y pueden estar conectadas o no con una quebrada o a un río.

En el paisaje de lomerío, presenta un relieve de mesas, lomas y colinas desde suave hasta densamente onduladas. Entre estas fluyen pequeños vallecitos de fondo plano, en donde se forman manantiales, pantanos y cursos pequeños de agua o arroyos de baja velocidad y sus sustratos son de texturas variables con aportes orgánicos de los bosques de galería que aún permanecen en diferentes sectores de la zona. Sobre la llanura aluvial asociada a los ríos de mayor orden, se localizan los planos inundables compuestos por complejos de humedales permanentemente inundados y periódicamente inundables, en donde se encuentran distintos tipos de humedales que se distinguen en madreviejas, bosques heterogéneos, palmares (cananguchales) y pantanos herbáceos. También se presentan madreviejas en los meandros o brazos muertos de los ríos Bodoquero y Pescado, en los cauces fluviales abandonados.

Actualmente en la zona se pueden identificar alrededor de 9 Quebradas, 5 meandros abandonados, (madreviejas o Cochas) y 62 Humedales entre los cuales se encuentran las chuquias[260]. Se encontraron 4 cochas: El Diablo, Techo rojo, Los Jaramillo y La Gloria.

En los humedales del paisaje de lomerío se introdujeron gramíneas invasoras en la región por iniciativas gubernamentales de los años setenta y son manejados en el sistema extensivo de ganadería. Se encuentran gramíneas como: *Panicum sellowii*, *Andropogon bicornis,* Juncaceas y ciperáceas como *Juncus* sp., *Echinochloa* sp., *Nasturtium* sp. y *Brachiaria decumbens*. La palma *Mauritia flexuosa* y árboles de carbón (*Zygia latifolia).* También se encontraron humedales herbáceos que corresponde a superficies dominadas por herbáceas con presencia de elementos arbustivos que ocupan del 2 a 30% del área total de la unidad, en suelos que permanecen encharcados la mayor parte del año.

Predomina la especie Aninga o Bore de raya, (*Monthrichardia linifera)*, cuyos tallos emergen hasta tres o cuatro metros por encima del nivel del agua, de hoja ancha, las cuales forman una cubierta densa y continua (Fotografía 125 a 127). Se localiza principalmente en las planicies de inundación, las llanuras aluviales y terrazas bajas que permanecen inundadas la mayor parte del año. Esta cobertura se encuentra ocupando áreas muy pequeñas y fueron incluidas dentro de la cobertura de zonas pantanosas herbazales densos inundables no arbolados.

[260] Ricaurte, L.F., J. Jokela, A. Siqueira, M. Núñez-Avellaneda, C. Marin, A. Velázquez-Valencia & K. M. Wantzen. (2012). *Wetland Habitat Diversity in the Amazonian Piedmont of Colombia*. Wetlands 32:1189–12022.



FOTOGRAFÍA 125. COCHA TECHO ROJO, VALPARAISO. SE OBSERVA EL NIVEL DE SUBIDA EN AGUAS MÁXIMAS SOBRE EL BORDE DE LA VEGETACIÓN



FOTOGRAFÍA 126. BOSQUE INUNDABLE Y PASTOS INUNDABLES EN COCHA EL DIABLO, VALPARAISO.



FOTOGRAFÍA 127. HUMEDALES HERBÁCEOS EN EL ASENTAMIENTO VILLA NOHORA, MUNICIPIO DE MILÁN TOMADO DE EMERALD ENERGY - C&MA, 2017

En las llanuras aluviales de desborde, los meandros abandonados o madreviejas, comprenden tramos de los lechos de los ríos correspondientes a curvas de meandros abiertos o cerrados, cuyo corte o aislamiento ocurre cuando la corriente puede acortar su curso, incrementando localmente su pendiente. En tanto, el taponamiento de sus extremos es rápido y se da por la acumulación de sedimentos del propio lecho. Este proceso no ocurre de manera simultánea en todos los meandros o curvas de los ríos y, por tanto, aquellos que se encuentran recién cortados y contienen cuerpo o espejo de agua constituyen las lagunas o lagos.

En aquellos sitios donde el espejo de agua se mantiene pero disminuye por el aporte de aluviones finos, empiezan a presentarse procesos de sucesión vegetal y, de esta manera, se convierten en pantanos. Finalmente, aquellos sitios que pierden el cuerpo de agua por el aporte de aluviones y que se encuentran totalmente invadidos por vegetación (natural o introducida por humanos) se denominan lagunas colmatadas que posteriormente se convertirán en pantanos[261].

[261] Ricaurte, L.F.; Núñez-Avellaneda, M.; Pinilla, M.C.; Marín, C.A.; Velásquez-Valencia, A.; Alonso, J. C.; Mojica, J. I.; Betancourt, B.; Salazar, C.; Caicedo, D.; Acosta-Santos, A.; Castro, W.; Argüelles, J. H. (2015). Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia.



FOTOGRAFÍA 128. HUMEDALES CON PASTOS INUNDABLES, SECTOR DE ESCUELA LA REFORMA, VALPARAISO.



FOTOGRAFÍA 129. HUMEDALES FORMADOS EN LAS ÁREAS MÁS BAJAS DE LAS COLINAS CON ÁRBOLES Y MATAS DE MONTE AISLADAS, LA REFORMA, VALPARAISO.



FOTOGRAFÍA 130. HUMEDALES CON PASTOS INUNDABLES, VEREDA LA ROCHELA BAJA, MORELIA.



FOTOGRAFÍA 131. HUMEDALES FORMADOS EN LAS ÁREAS MÁS BAJAS DE LAS COLINAS, CON PALMAS AISLADAS, LA ROCHELA, MORELIA.

3.2.4.2 Ríos, quebradas y nacederos

En el bloque del APE Nogal confluyen el río Orteguaza que se clasifica como un cauce de noveno orden, los ríos Pescado y Bodoquero de octavo orden, y numerosas quebradas locales como La Morrocoy, La Rochela, La Cusumba y La Raicita entre otras, como cauces de primer y segundo orden.

Los nacederos son puntos de aprovechamiento de aguas subterráneas cerca de la superficie o capas geológicas profundas para uso doméstico y agropecuario de tipo natural. La identificación y descripción de comportamiento hidrológico de las quebradas, cochas, ríos, quebradas y manantiales que se encuentran dentro del polígono APE Nogal considerados ecosistemas frágiles o sensibles, se presenta en el componente geoambiental del presente estudio.

Los ríos Pescado y Bodoquero son de tipo meándrico, con material de lecho fino (predominio limoso), donde se presentan procesos de depósito de sedimentos, acreción del lecho, erosión hidráulica en bancas y por ende divagación del cauce en su llanura aluvial, dinámica que propicia la formación de madreviejas o abandono de meandros, con sedimentos y nutrientes necesarios para ecosistemas locales.

3.2.4.3 Bosque de galería y ripario

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Se presentan coberturas de asociaciones de palma y guadua a lo largo de los márgenes de los drenajes, con altura del dosel y densidad del bosque natural.

Estos bosques se encuentran distribuidos a lo largo de los ríos Orteguaza, Pescado y Bodoquero; las quebradas El Remolino, El infierno, La Candidito, La Raíz, La Raya, La Rochela, La Arenosa, La Cusumba y Carnicerías.

3.2.4.4 Cananguchales

Corresponden a extensas áreas pantanosas, con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración de más de dos meses. Se caracteriza por la predominancia de palma moriche o canangucha (*Mauritia flexuosa*), con alturas hasta de 18 m, que ocupan las depresiones y áreas inundadas (Fotografías 135 y 136).

La estructura y la composición de estos bosques varían dependiendo de la unidad geomorfológica ocupada, del nivel de inundación y del tipo de bosque circundante.



FOTOGRAFÍA 132. HERBAZAL INNUNDABLE Y CANANGUCHAL SOBRE EL RÍO BODOQUERO, VALPARAÍSO.



FOTOGRAFÍA 133. DETALLE DE LA PALMA CANAGUCHA, MAURITIA *FLEXUOSA*, FORMA BOSQUES DENSOS SOBRE EL RÍO BODOQUERO, VALPARAÍSO.

3.2.4.5 Zonas arenosas naturales

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, generalmente desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de matorral ralo y bajo. Se encuentran principalmente conformando, playas de ríos y bancos de arena de los ríos. Esta unidad se encuentra principalmente asociada a playas y deltas de los ríos, y con cauces de los ríos grandes y medianos.



FOTOGRAFÍA 134. ZONAS ARENOSAS SOBRE EL RÍO PESCADO
LAS ZONAS DE ARENOSAS SE PUEDEN PRESENTAR DESPROVISTOS DE VEGETACIÓN O CUBIERTOS POR UNA VEGETACIÓN DE MATORRAL RALO Y BAJO. SON ÁREAS CLAVES PARA ANIDACIÓN DE TORTUGAS Y HÁBITATS DE PASO Y DESCANSO DE LAS AVES ACUÁTICAS

Estos humedales proporcionan servicios ecosistémicos importantes que actúan como corredores para la biodiversidad en paisajes dominados por las actividades agropecuarias y de pesca.

3.2.4.6 Bosque denso alto de tierra

Corresponde a vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. Representa en área 993,86 ha que corresponde a un 4,96% y junto con el Bosque Abierto Alto de tierra firme con 867,66 ha y un 4,33%.



FOTOGRAFÍA 135. BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME, VEREDA BOLIVIA, MORELIA.
DETALLES DE ESTRATIFICACIÓN DEL BOSQUE E INTERIOR

3.2.4.7 Bosque denso alto inundable

Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos y lenticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración de más de dos meses. Representa en área

145,62 ha que corresponde a un 0,73% y junto con el Bosque Abierto Alto inundable con 154,61 ha y un 0,77%.

Se incluyen áreas con una cobertura densa de palmas naturales, cuando la formación vegetal presenta la altura mínima y el área es superior a 25 ha. (Se puede presentar asociaciones vegetales con predominio de palmas como la canangucha). Además de formaciones arbóreas secundarias regeneradas de manera natural que han alcanzado la densidad y altura de bosque natural.



FOTOGRAFÍA 136. BOSQUE DENSO ALTO INUNDABLE, VEREDA LA REFORMA, VALPARAÍSO

3.2.4.8 Bosque fragmentado de tierra firme

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con evidencia de intervención humana aunque que mantienen su estructura original. Se pueden dar la ocurrencia de áreas completamente transformadas en el interior de la cobertura, originando parches donde hubo presencia de coberturas antrópicas como pastos y cultivos pero que han sido abandonadas para dar paso a un proceso de regeneración natural del bosque en los primeros estados de sucesión vegetal. Representa en área 145,62 ha que corresponde a un 0,73%.

3.2.4.9 Vegetación secundaria o en transición

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se origina luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas donde se abandonan áreas de pastos o áreas de cultivos y se inician procesos de sucesión vegetal. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre. Representa en área 2.626,07 ha que corresponde a un 13,11%.

3.2.5 Flora

Para llevar a cabo la evaluación de la vegetación se establecieron cuatro rutas que incluyeron la vereda La Rochela Baja, La Cándido, La Reforma y La Florida (Figura 130), en las cuales se verifican las coberturas naturales reportadas en el EIA por Emerald Energy[262] y se evaluó la vegetación presente, además se registró la ubicación de algunos

[262] C&MA; Emerald Energy. (2017). Estudio de Impacto Ambiental para el área de interés exploratorio Nogal. Profesionales C&MA.

sitios y especies destacadas. Inicialmente se realizó un trabajo conjunto con la comunidad, en donde a partir del mapa de las coberturas vegetales, se hicieron los ajustes necesarios a las rutas propuestas, y se especificaron lugares para el reporte de especies de interés, apoyándose en el conocimiento del territorio por parte de la comunidad.

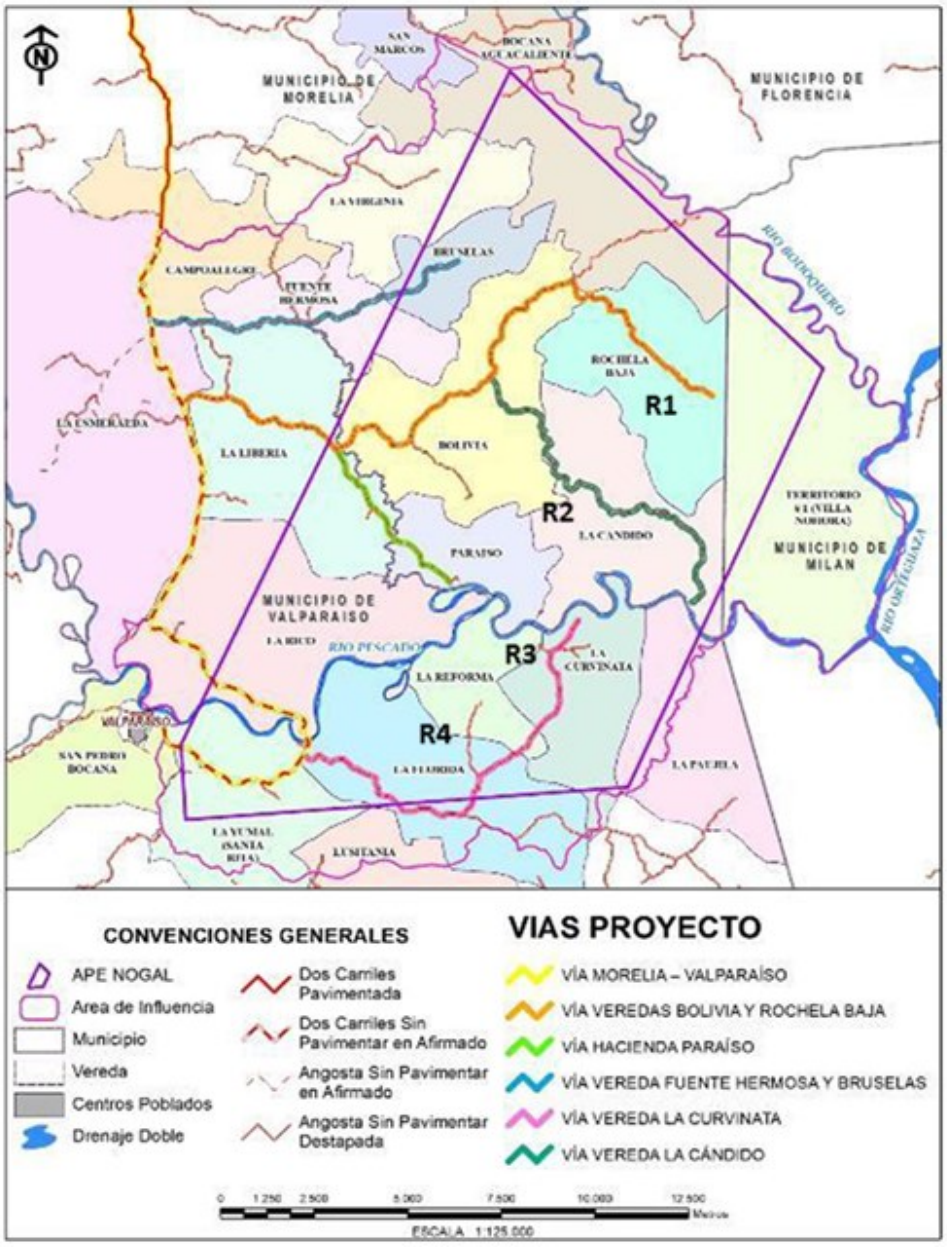


FIGURA 130. RUTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN
SE HICIERON CUATRO RECORRIDOS DENTRO DEL BLOQUE EL NOGAL QUE INCLUYERON LA VÍA HACIA LA VEREDA LA ROCHELA BAJA (R1), LA CÁNDIDO (R2), LA REFORMA (R3) Y LA FLORIDA (R4)
ELABORACIÓN PROPIA SOBRE CARTOGRAFÍA DEL EIA DE EMERALD ENERGY

Se trabajó además, con las especies de importancia, con algún grado de amenaza para la Amazonía del Caquetá [263] [264], apoyados en herramientas gráficas y nombres comunes[265], por medio de las cuales pudieran reconocerlas y establecer su permanencia en la zona de estudio, especificando áreas con mayor probabilidad de encontrarlas. Las imágenes fueron obtenidas de fuentes bibliográficas [266] [267] [268] y algunas fuentes electrónicas, referenciadas para cada imagen (Anexo 13 y 14). Como resultado del trabajo con la comunidad se seleccionaron fragmentos de vegetación natural de interés para evaluar, y se estableció la baja o nula presencia de muchas de las especies arbóreas mostradas y catalogadas como amenazadas. Está situación pudo deberse a que la mayoría de las especies trabajadas en el taller son consideradas especies maderables apetecidas comercialmente, las cuales son las que han tenido mayor extracción en la zona [269] [270].

3.2.5.1 Registro de plantas en la zona de estudio

A partir de ésta información previa, se realizó la evaluación de la vegetación presente en la zona de estudio, por medio de recorridos en las diversas rutas y fragmentos seleccionados, en donde se registraron individuos arbóreos de más de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), de más de 8 metros de alto y con importancia de uso tanto a nivel comercial como para usos cotidianos de la comunidad. A los individuos se les evaluó la circunferencia del tronco a la altura del pecho (CAP), a partir del cual se calculó el DAP y el área basal (AB), además se registró la altura total, la altura hasta el punto de su primera ramificación (altura comercial) y el ancho de la copa o follaje. La determinación de la especies se realizó a partir de la consulta de ejemplares de herbario en catálogos virtuales de plantas [271] [272] [273] [274] y la consulta de literatura especializada. Así mismo se

[263] SINCHI (2002). *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia Colombiana.* René López Camacho y Dairon Cárdenas López. Instituto de Investigaciones Amazónicas, Bogotá.
[264] SINCHI (2015). *Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes*. Dairon Cárdenas López, Nicolás Castaño Arboleda, Sonia Sua Tunjano, Lorena Quintero Barrera [et. al.], Instituto de Investigaciones Amazónicas. Bogotá, Colombia.
[265] Bernal R., Galeano G., Rodríguez A., Sarmiento H. & Gutiérrez M. (2017) *Nombres comunes de las plantas de Colombia*. http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/es/
[266] Clements CR, Santos RP, Desmouliere SJ, Ferreira EJ, Neto JT. (2009). *Ecological adaptation of wild peach palm, it's in situ conservation and deforestation-mediated extinction in southern Brazilian Amazonia*. PLoS ONE.
[267] Conambiente. (2010). *Catálogo de forófitos forestales. Arboles utilizados para el rescate de epifitas vasculares y no vasculares de la vía Bogotá-Villavicencio*. Bogotá.
[268] Torres-Espinosa G.J. (2013*). El aprovechamiento del Ichpink, Ocotea quixus*. Manual de Buenas prácticas de Recolección. Fundación Chankuap. Ecuador. http://chankuap.org/wp-content/uploads/2014/03/Manual-de-buenas-practicas-de-la-Ishpink.pdf.
[269] SINCHI. (2002). *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia Colombiana.* René López Camacho y Dairon Cárdenas López. Instituto de Investigaciones Amazónicas, Bogotá.
[270] SINCHI. (2015). *Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes*. Dairon Cárdenas López, Nicolás Castaño Arboleda, Sonia Sua Tunjano, Lorena Quintero Barrera [et. al.]. Instituto de Investigaciones Amazónicas. Bogotá, Colombia.
[271] COAH-SINCHI. *Herbario Amazónico Colombiano*. https://www.sinchi.org.co/coah
[272] Biovirual UNAL. *Herbario Nacional Colombiano*. http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/
[273] Tropicos.org. *Missouri Botanical Garden*. http://www.tropicos.org
[274] Kew Herbarium Catalogue. Royal Botanic Gardens Kew. http://apps.kew.org/herbcat/navigator.do

corrobora la actualización de la clasificación taxonómica y autores para las especies determinadas, la cual se basa en nuevas técnicas moleculares de clasificación[275]

De forma complementaria se obtuvo la información de especies reportadas para la zona de estudio, a partir de los registros biológicos consultados en el SIB [276] para los municipios de Morelia, Valparaíso y Milán. Se consultaron las bases de datos de registro de plantas en el SIATAC-SINCHI[277] y en el Catálogo de plantas del ICN[278] para la región amazónica del departamento del Caquetá. A partir de esto se obtuvo la base de datos con las especies de vegetación natural reportadas dentro del bloque El Nogal obtenidos por la Corporación en campo y los registros de especies obtenidos de las bases de datos (Anexo 15). En ésta lista se especifica el nombre de la especie, la familia taxonómica a la que pertenece, las coordenadas de ubicación en algunos casos, la altitud a la que fue reportada y la fuente de ésta información. La distribución de éstos registro biológicos para la zona de estudio, son visualizados en la Figura 131, en donde cada punto representa sitios de evaluación y registro de especies de plantas debidamente respaldado.

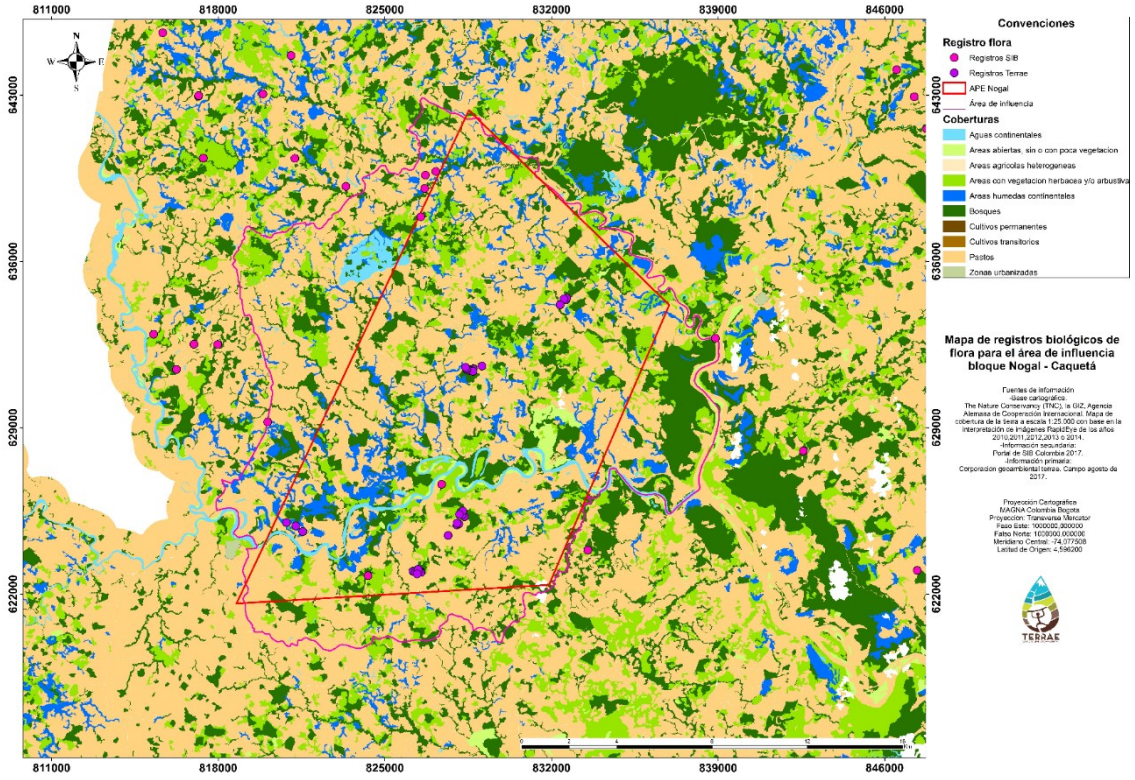


FIGURA 131. DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS REGISTROS BIOLÓGICOS DE ESPECIES DE PLANTAS DATOS REPORTADOS PARA LA ZONA DE ESTUDIO Y DENTRO DEL BLOQUE EL NOGAL ELABORACIÓN PROPIA Y BASE DE DATOS SIB

[275] The Plant List (2013). Version 1.1. Published on the Internet; http://www.theplantlist.org/ (accessed 1st January).
[276] Sistema de Información Biológica de Colombia. SIB. https://www.sibcolombia.net/
[277] SIATAC-SINCHI. *Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana.* Instituto de Investigaciones Amazónicas SINCHI. http://siatac.co/web/guest
[278] Bernal, R., S.R. Gradstein & M. Celis (eds.). 2015. *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia*, Bogotá. http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co

A partir de los reportes hechos en campo y las bases de datos se establece el registro de 885 individuos de 573 especies de plantas para los municipos de Morelia, Valparaíso y Milán, clasificados taxonómicamente en 125 familias y 332 géneros (Tabla 40).

TABLA 40. REGISTROS BIOLÓGICOS REPORTADOS PARA EL BLOQUE EL NOGAL Y LA REGIÓN

	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES	INDIVIDUOS
TOTAL	125	332	573	885
CAMPO AGOSTO 2017	44	73	94	108

CONSOLIDADO DE REGISTROS BIOLÓGICOS PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA APE NOGAL.
BASE DE DATOS DISPONIBLE EN EL DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA (SIB) Y LOS ENCONTRADOS EN CAMPO POR LA CORPORACIÓN

El área de estudio presenta una gran diversidad de coberturas, debido a esto se encuentra una alta variedad de especies con comportamientos y patrones diferentes, relacionadas con las condiciones medioambientales y niveles de intervención antrópica y cambios sustanciales en la perdida de bosques. Sin embargo, aunque los resultados de la fragmentación del bosque y vegetación de humedales, reduzcan diversidad y composición de especies, los parches aislados pueden presentar individuos de especies de estados sucesionales intermedios y avanzados del bosque de forma dispersa.

La familia mas abundante según los registros es la Arecaceae o familia de las palmas con 82 registros, reuniendo 30 especies, donde la palma cachuda (*Iriartea deltoidea*) y el Asaí (*Euterpe precatoria*) son las más abundantes. En cuanto a especies importantes aparte de las palmas nombradas anteriormente, se encuentra una Heliconia (*Heliconia velutina*), una Lauraceae (*Endlicheria sprucei*) y la Palma de chambira (*Astrocaryum chambira*) como especies sobresalientes. Así mismo se establece 108 individuos reportados a partir de los recorridos hechos en campo por la Corporación, de lo cual se determinaron 94 espécies de 73 géneros y 44 familias como se resume en la tabla 40, dentro de éstas la familia más abundante es Leguminosae o familia del “Guamo” y otras (20 individuos) y la familia de las palmas (Arecaceae), seguida de la familia de los “Laureles” (Lauraceae) y de los “Fonos” (Lecythidaceae). Es así que las especies mas sobresalientes son el “Guarango (*Parkia multijuga*), el “Guasco” (*Couratari guianensis*), la “palma cumare” (*Astrocaryum rodriguesii*) y el resbalamono (*Capirona decorticans*).

Al comparar índices de diversidad de especies entre los sitios de evaluación (Tabla 6), se encontró que la vereda la Rochela baja reportó mayor diversidad (3,70) y riqueza (10,71) de especies a nivel local, mientras que la vereda la Florida se reportaron los valores más bajos (2,89). Esto puede estar relacionado con que en la zona intermedia entre la influencia de los ríos Bodoquero y el río el Pescado se reportaron mayor número de remanentes de vegetación natural. Mientras que en la zona sur del bloque El Nogal (vereda La Florida) se observan remanentes de vegetación con mayor distancia entre ellos. Por otro lado son las veredas La Reforma y la Cándido las que presentaron mayor beta-diversidad o diversidad a nivel regional (0,086 y 0,076 respectivamente), lo cual puede relacionarse a la mayor cercanía a fragmentos de vegetación natural asociados al río Pescado. Allí se presentan remanentes de mayor extensión que presentan alta probabilidad de conexión entre ellos, beneficiando con esto procesos de dispersión de semillas por parte de grandes mamíferos a través de los corredores de vegetación que se presentan a lo largo del río.

TABLA 41. DIVERSIDAD DE ESPECIES EN LOS SITIOS EVALUADOS DENTRO DEL BLOQUE EL NOGAL

	Vereda La Rochela	Vereda Cándido	Vereda La Reforma	Vereda La Florida
Especies	42	25	22	18
Individuos	46	26	23	18
Diversidad Shannon	3,70	3,20	3,07	2,89
Riqueza Margalef	10,71	7,36	6,69	5,88
BetaDiversidad	0,04	0,07	0,08	0,05

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE PLANTAS PARA LOS SITIOS DE MUESTREO
ELABORACIÓN PROPIA

3.2.5.2 Especies vedadas, endémicas, amenazadas o en peligro crítico

De acuerdo a la información recopilada para el área de influencia indirecta y mediante la revisión de los documentos de la Unión para la Conservación de la Naturaleza (UICN), los Libros rojos para Colombia (Calderón et al. 2002, Calderón 2003, Cárdenas y Salinas 2007), se consultaron las categorías establecidas por la UICN, apéndices CITES y resolución vigente de especies silvestres amenazadas y la Resolución 1912 de 2017 del MADS. En total se registran 31 especies con alguna categoría de amenaza, reportadas para los municipios de Morelia, Milán y Valparaíso, según bases de datos y evaluación directa. Además se reportan 6 especies como casi amenazadas (NT), según el catálogo de plantas del ICN a nivel regional, para la zona amazónica del Dpto. del Caquetá.

Se resaltan especies como el Cedro (*Cedrela odorata*) en categoría de riesgo Vulnerable (VU) según la lista roja del UICN, en peligro según Libros Rojos y Resolución 01912/2017, así como especie con restricción de manejo según Apéndice III de CITES. En Colombia se halla ampliamente distribuida a lo largo de todas las regiones bajas y de piedemonte andino; ha sido registrada en casi todos los departamentos del país. El Cedro es una de las especies con mayor demanda en el mercado mundial, ante lo cual las poblaciones naturales han sido diezmadas durante las últimas décadas; por esta razón en el año 1994 fue categorizada como vulnerable (VU) (IUCN 2012). Colombia en el año 2001 a incluirla en el Apéndice III de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES)[279]. En el año 2007 es categorizada a nivel nacional como En Peligro (EN). Posteriormente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 1912 de 2017 la declarada como especie amenazada a nivel nacional.

La especie pino del Caquetá (*Podocarpus guatemalensis*), reportado como “vulnerable” (VU) según la Resolución 01912/2017, se distribuye desde Centroamérica hasta Venezuela, Colombia y Ecuador. En Colombia se conoce en tres regiones: en el Chocó Biogeográfico, entre el piedemonte de la serranía del Baudó y los departamentos de Cauca y Nariño (incluida la isla Gorgona); en la cordillera Central, entre los valles del bajo Cauca y el río Porce-Nechí; y en la vertiente occidental de la cordillera Oriental en el valle medio del río Magdalena. Su distribución comprende un rango altitudinal desde el nivel del mar hasta 1550 m.

Teniendo en cuenta las especies reportadas por el SIAT-SINCHI como “Especies Amenazadas de la Amazonía Colombiana”, se resalta la existencia de otras especies

[279] Cárdenas, L.D. & Salinas, N.R. (eds). (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia: SINCHI y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo.

reportadas para la zona de estudio con distintos grados de amenaza, las cuales sería relevante mencionar en el documento por su potencial distribución en el área de estudio. Dentro de éstas especies se encuentra, con usos maderables, el canelo de los Andaquíes (*Ocotea quixos*), reportado como "en peligro" (EN) según la Resolución 1912/2017, presentando una distribución potencial en el piedemonte de Putumayo y Caquetá debajo de los 300 m y con reporte de colecta en Belén de los Andaquíes, vereda el Galán, bosque en borde del río Fragua Chorroso. También su presencia fue registrada en el municipio de Morelia (Dairon Cárdenas, *com. per.*), se corrobora la presencia en la zona de acuerdo con las entrevistas con los habitantes, realizadas en el taller. Esta especie se encuentra en peligro (EN) porque las áreas potenciales de su distribución y permanencia de sus poblaciones, han sido transformadas de forma acelerada, sujetas a la intensa explotación maderera[280].

Del conjunto de especies encontradas en la evaluación en campo se encuentran amenazadas las siguientes: *Couratari guianensis*, Guasco o Naguí o Abarco caqueteño como Vulnerable VU, *Enterolobium schomburgkii* , Bayo en Preocupación Menor LC, *Couratari stellata*, Fono negro en Preocupación Menor LC, *Astrocaryum urostachys*, Palma chuchana en Preocupación Menor LC *Ocotea aciphylla*, Comino en Bajo riesgo/ Preocupación Menor LR/LC, *Minquartia guianensis*, Ahumado negro en Bajo riesgo/ Casi amenazada LR/NT, *Ormosia nobilis*, Guacharaco en Preocupación Menor LC y *Iriartea deltoidea*, Palma cachuda en Preocupación Menor LC.

El estudio de evaluación del EIA del APE Nogal además identifico el siguiente grupo de especies. *"Otras especies en riesgo menor (LR) según listas rojas UICN, como son el Laurel comino (Ocotea puberula), Matapalo (Ficus amazónica) y Siete cueros (Miconia tomentosa). Otras especies fueron reportadas en preocupación menor (LC) según UICN como Algarrobo (Hymenaea parvifolia) y Jaboncillo (Enterolobium schomburgkii) y según libros rojos especies como Fono (Eschweilera andina), Palma chuchana (Astrocaryum murumuru), Palma cumare (Astrocaryum chambira), Palma de guajo (Attalea maripa), Palma de agua (Euterpe precatoria), Palma rabo dorada (Geonoma deversa), Palma San Pablo (Geonoma stricta), Palma bombona (Iriartea deltoidea), Palma espinosa (Mauritiella armata), Palma canangucha (Mauritia flexuosa), Palma bacaba (Oenocarpus minor), Palma milpes (Oenocarpus bataua) y Palma patuda (Socratea exorrhiza)".*

En síntesis, para toda el área de influencia y teniendo en cuenta que las categorías de amenazas de las especies según las listas rojas, desde lo menos a lo más amenazado incluye, especies en Preocupación Menor(LC) o Casi amenazadas (NT), dentro de las amenazadas están las Vulnerables (VU), En Peligro(EN) y En Peligro Crítico (CR); y como especies desaparecidas están Extinto en Estado Silvestre (EW) y Extinto (EX). Se encuentran 31 especies en grado de amenaza a nivel local (reportadas dentro del bloque El Nogal o en los municipios Morelia, Valparaíso y Milán), 6 a nivel regional (reportadas para el departamento del Caquetá) y 14 en veda o control de manejo a nivel nacional (tabla 42). Dentro de las especies amenazadas, se presentan 10 en Preocupación Menor(LC), 3 en Bajo riesgo (LR) y 7 como Casi amenazadas (NT).

Dentro de las casi amenazadas se reportan el Bálsamo (*Miroxylon balsamum*) y el Ahumado negro (*Minquartia guianensis*), ambos reportados a nivel local por la

[280] Cárdenas L.D., NC. Arboleda, S. Tunjano & L. Quintero. (2015). *Planes de manejo para la Conservación del Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes*. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI.

Corporación. Las demás especies Casi amenazadas son reportadas a nivel regional por el catálogo de plantas de Colombia del ICN. Dentro de las especies en estado Vulnerable (VU) se encuentran el Cedro (*Cedrela odorata*), Guasco o Abarco caqueteño (*Couratari guianensis*) y según los libros rojos el pino del Caquetá (*Podocarpus guatemalensis*), reportadas por la Corporación dentro del bloque El Nogal; además el Chontaduro (*Bactris gasipaes var. chichagui*) y Algarrobo (*Hymenaea parvifolia*) a nivel regional, reportados por IUCN, SINCHI.

Se reporta En peligro de extinción (EN) el Canelo de Los Andaquíes (*Ocotea quixos*) y en peligro crítico (CR), según las listas rojas (UICN) el Pino del Caquetá (*Podocarpus guatemalensis*). Así mismo se reportan en Veda nacional o con restricción de uso y manejo al Cedro (*Cedrela odorata*) reportada a nivel local y el Cedro macho (*Pachira quinata*) reportada a nivel regional por el SINCHI. Otras de las especies en Veda Nacional, son las Bromelias y Orquideas reportadas en la base de datos del SIB, que por su condición de epífita tienen control de uso y manejo según la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA).

Finalmente se reportan como especies endémicas una bromelia (*Aechmea nivea*) y el Canelo de Los Andaquíes (*Ocotea quixos*), según la base de datos del Catálogo de plantas del ICN.

Esta información sustenta la necesidad de proteger y conservar los remanentes de vegetación natural en el bloque El Nogal, ya que se reportan especies en distintas categorías de amenaza y con restricción de su uso y manejo. A partir de esto, la información consolidada en la tabla 42 es una herramienta clave en la defensa del territorio. La especie *Calophyllum brasiliense,* conocida localmente como barcino, fue propuesta por Bernal y colaboradores en preocupación menor (LC) [281]. En Amazonia colombiana se registra principalmente en bosques de Llanura aluvial, en áreas inundables, sin embargo otros registros botánicos muestran que esta especie crece también en bosques de tierra firme y en áreas de suelos con presencia de arenas blancas en el medio Caquetá.



FOTOGRAFÍA 137. ÁRBOL DE BARCINO, *CALOPHYLLUM BRASILIENSE* CAMBESS. *VEREDA BOLIVIA,* FINCA LOS CAIMOS, VALPARAÍSO. MADERABLE SE USA PARA CONSTRUCCIÓN DE CANOAS Y MUEBLES. FOTOGRAFÍAS PROPIAS

[281] Bernal G., R.G., R. Gradstein & M. Celis, editores. (2016). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, Vol. 1.

TABLA 42. ESPECIES AMENAZADAS REPORTADAS EN LOS REGISTROS BIOLÓGICOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

FAMILIA	ESPECIE	Nombre Común	Categoría de Amenaza	Fuente	Ubicación de Registro
LEGUMINOSAE	*Miroxylon balsamum*	Bálsamo	Casi amenazada NT	IUCN	Bloque Nogal, Caquetá
ARECACEAE	*Astrocaryum urostachys*	Palma chuchana	Preocupación Menor LC	IUCN	Bloque Nogal, Caquetá
ARECACEAE	*Iriartea deltoidea*	Palma cachuda	Preocupación Menor LC	IUCN	Bloque Nogal
LAURACEAE	*Ocotea aciphylla*	Comino	Bajo riesgo/ Preocupación Menor LR/LC	IUCN	Bloque Nogal
LAURACEAE	*Ocotea quixos*	Canelo de los Andaquíes	En Peligro EN, Endémica	IUCN	Bloque Nogal
LECYTHIDACEAE	*Couratari guianensis*	Guasco o Naguí o Abarco caqueteño	Vulnerable VU	IUCN	Bloque Nogal
LECYTHIDACEAE	*Couratari stellata*	Fono negro	Preocupación Menor LC	IUCN	Bloque Nogal
LEGUMINOSAE	*Enterolobium schomburgkii*	Bayo	Preocupación Menor LC	IUCN	Bloque Nogal
LEGUMINOSAE	*Hymenaea parvifolia*	Algarrobo	Preocupación Menor LC	IUCN	Bloque Nogal
LEGUMINOSAE	*Ormosia nobilis*	Guacharaco	Preocupación Menor LC	IUCN	Bloque Nogal
MELIACEAE	*Cedrela odorata*	Cedro	Vulnerable VU, Veda Nacional	IUCN, MADS	Bloque Nogal
OLACACEAE	*Minquartia guianensis*	Ahumado negro	Bajo riesgo/ Casi amenazada LR/NT	IUCN	Bloque Nogal
PODOCARPACEAE	*Podocarpus guatemalensis*	Pino del caquetá	En Peligro Crítico CR en IUCN, Vulnerable (VU) Libros rojos	IUCN, Libro Rojo	Bloque Nogal
ARECACEAE	*Wettinia drudei*	Orquidea	Bajo riesgo/ Preocupación menor LR/LC	IUCN,SIB	Morelia, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea mertensii*	Bicundo, Quiche o párasita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Valparaíso, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea nivea*	Quiche o parásita	Veda Nacional, Endémica	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), Catálogo ICN, SIB	Valparaíso, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea setigera*	Quiche o parásita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Valparaíso, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea longifolia*	Quiche o parásita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Valparaíso, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea servitensis*	Quiche o parásita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Morelia, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea tillandsioides*	Quiche o parásita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Morelia, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea longifolia*	Quiche o parásita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Morelia, Caquetá

FAMILIA	ESPECIE	Nombre Común	Categoría de Amenaza	Fuente	Ubicación de Registro
BROMELIACEAE	*Aechmea penduliflora*	Quiche o parásita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Morelia, Caquetá
BROMELIACEAE	*Aechmea tillandsioides*	Quiche o parásita	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Morelia, Caquetá
ORCHIDACEAE	*Dichaea splitgerberi*	Orquidea	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Valparaíso, Caquetá
ORCHIDACEAE	*Epidendrum macrocarpum*	Orquidea	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Morelia, Caquetá
ORCHIDACEAE	*Ligeophila clavigera*	Orquidea	Veda Nacional	Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), SIB	Morelia, Caquetá
ARECACEAE	*Bactris gasipaes var. Chichagui*	Chontaduro	Vulnerable VU	IUCN, SINCHI	Caqueta, zona sur occidental
LEGUMINOSAE	*Hymenaea parvifolia*	Algarrobo o paquiosillo	Preocupación Menor LC	IUCN, SINCHI	Caqueta, zona sur occidental
MALVACEAE	*Ceiba samauma*	Ceiba volador	Vulnerable VU	IUCN, SINCHI	Caqueta
MALVACEAE	*Pachira quinata*	Carretillo, cedro macho	Veda Nacional (Inderena)	MADS, SINCHI	Caqueta, zona sur occidental
OLACACEAE	*Minquartia guianensis*	Ahumado	Preocupación Menor LC	IUCN, SINCHI	Caqueta, zona sur occidental
BROMELIACEAE	*Aechmea retusa*	Quiche o parásita	Casi Amenazada NT	Catálogo de Plantas ICN	Caquetá, región Amazónica
CHRYSOBALANACEAE	*Couepia dolichopoda*	Algarrobo	Casi Amenazada NT	Catálogo de Plantas ICN	Caquetá, región Amazónica
CHRYSOBALANACEAE	*Hirtella liesneri*		Casi Amenazada NT	Catálogo de Plantas ICN	Caquetá, región Amazónica
CHRYSOBALANACEAE	*Licania reticulata*		Casi Amenazada NT	Catálogo de Plantas ICN	Caquetá, región Amazónica
CHRYSOBALANACEAE	*Parinari montana*	Toñeca propia	Casi Amenazada NT	Catálogo de Plantas ICN	Caquetá, región Amazónica
MORACEAE	*Brosimum rubescens*	Granadillo	Casi Amenazada NT	Catálogo de Plantas ICN	Caquetá, región Amazónica

REPORTES DE ESPECIES AMENAZADAS A NIVEL LOCAL (DENTRO DEL BLOQUE EL NOGAL Y PARA LOS MUNICIPIOS DE VALPARAISO, MORELIA Y MILÁN) Y A NIVEL REGIONAL (DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ)
ELABORACIÓN PROPIA, A PARTIR DE CONSULTA A LISTAS IUCN, LIBROS ROJOS, CATÁLOGO PLANTAS COLOMBIA, RESOLUCIÓN 1912 DE 2017 MADS, CITES, SIB.

3.2.5.3 Estructura del bosque evaluado

Se establece un análisis basado en los datos estructurales de las especies evaluadas (Tabla 43) en algunos remanentes de bosque del bloque El Nogal, partir del cual se establece que la altura promedio de los árboles evaluados es 18 mts, encontrándose alturas máximas de 30 mts y mínimas de 8 mts. Los remanentes de bosque evaluado presentan 5 estratos dentro de su estructura vertical (Tabla 44, Figura 135), siendo los estratos intermedios (sotobosque, subdosel y dosel) los que presentan mayor porcentaje de individuos, en total el 79%, y con menor porcentaje de individuos el estrato emergente (8,3) donde se encuentran los árboles que sobresalen del bosque. Dentro de las especies más altas registradas se encuentran el Guarango, Sombrillo, el Pino del Caquetá, el Marfil, siendo éstas especies emergentes o aquellas que sobresalen de los estratos del bosque. A estas le siguen especies de árboles como el Abarco caqueteño, Polvillo,

Barcino, Chicalá, Mulato, Ahumado negro, Caraño, entre otras, quienes ocupan el dosel o estrato formado por la unión de follajes de la mayoría de los árboles altos. Luego se reportan especies con alturas intermedias en donde se encuentran especies como Arrayán, Sangre de toro, Laurel amarillo, Palma Guajo, Pelacara amarillo, Caimos, entre otros que forman el subdosel o follaje intermedio del bosque.

A partir de los datos de la circunferencia del tronco de los árboles en metros (CAP), tomado a la altura del pecho de la persona que lo mide, se establece reportes del diámetro del tronco (DAP) y con éste del área basal (AB) o área que alcanza cada especies a partir de su crecimiento secundario o desarrollo del tronco. Con base a esto se destacan por alcanzar mayor área basal, especies como el Chingale (2,07 m^2) y el Sombrillo (1,99 m^2), ya que registraron CAP de 6,8m y 5 m respectivamente. A estas especies les siguen en área basal el Guarango (1,68 m^2), Abarco caqueteño (1,26 m^2) y Ahumado minche (1,13 m^2).

No obstante es de recalcar que más del 50% de las especies restantes presentan un área basal superior a 0,1m^2, lo cual significa que la mayoría de especies arbóreas evaluadas presentan un diámetro del tronco mayor a 0,38 m. Esto se refleja también en el volumen alcanzado por el tronco de éstas especies (V), en donde la especie Guarango pasa a obtener el mayor valor (26,27 m^3), seguido de la especie Sombrillo (25,86 m^3), y con menor volumen especies como Abarco caqueteño (14,75 m^3), Chingale (12,51 m^3) y Costillo (3,92 m^3). Sin embargo es de subrayar que especies no tan altas se reportan como especies con un alto desarrollo horizontal, alcanzando mayores valores de área basal y volumen del tronco, siendo éstas el Chingale (19 m de alto), el Ahumado minche (13,5 m de alto) y el Costillo (18 m de alto).

TABLA 43. DATOS ESTRUCTURALES DE LAS ESPECIES DE ÁRBOLES EVALUADOS EN LOS REMANENTES DE BOSQUE

Nombre común	Familia	Especie	ΔH m	ΔHC m	ƩDAPm	ƩAB m^2	ƩV m^3
Sombrillo	Leguminosae	*Parkia nitida*	30	20	1,591	1,989	25,86
Guarango	Leguminosae	*Parkia multijuga*	30	24	1,464	1,683	26,26
Marfil	Simaroubaceae	*Simarouba amara*	30	25	0,652	0,334	5,434
Pino del Caquetá	Podocarpaceae	*Podocarpus guatemalensis*	30	25	0,493	0,191	3,106
Abarco caqueteño	Lecythidaceae	*Couratari guianensis*	26	18	1,266	1,260	14,74
Caraño	Burseraceae	*Protium calanense*	25	10	1,06	0,882	0
Mulato	Euphorbiaceae	*Hieronyma oblonga*	25	11	0,751	0,443	3,169
Barcino	Clusiaceae	*Calophyllum brasiliense*	25	18	0,636	0,318	3,724
Polvillo	Melastomataceae	*Bellucia grossularioides*	25	15	0,636	0,318	3,103
Chicalá, flor amarillo	Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotrichus*	25	20	0,477	0,179	2,327
Ahumado negro	Olacaceae	*Minquartia guianensis*	25	22	0,461	0,167	2,392
Bálsamo	Leguminosae	*Miroxylon balsamum*	24	18	0,318	0,079	0,931
Chocho	Mimosaceae	*Mimosa annularis*	23	14	0	0	0
Hueso	Euphorbiaceae	*Pseudosenefeldera inclinata*	22	12	0,728	0,417	3,255
Comino	Lauraceae	*Ocotea aciphylla*	22	18	0,525	0,216	2,534
Sonoro	Euphorbiaceae	*Croton matourensis*	22	18	0,356	0,099	1,167
Guacharaco	Leguminosae	*Ormosia nobilis*	21	16	0,541	0,23	2,391
Pelacara	Moraceae	*Clarisia racemosa*	21	15	0,541	0,23	2,242
Sapote	Bombacaceae	*Matisia lomensis*	21	16	0,420	0,138	1,442
Sande	Moraceae	*Brosimum utile*	21	16	0	0	0
Quino	Quinaceae	*Quiina macrophylla*	20	5	0,827	0,537	1,748

Nombre común	Familia	Especie	ΔH m	ΔHC m	ƩDAPm	ƩAB m²	ƩV m³
Caimo rojo	Sapotaceae	*Chrysophyllum cf. manaosense*	20	15	0,557	0,243	2,376
Guasco	Lecythidaceae	*Couratari guianensis*	20	15	0,547	0,235	2,295
Peine mono	Malvaceae	*Apeiba glabra*	20	16	0,541	0,23	2,391
Guamo cerindo	Leguminosae	*Inga nobilis*	20	13	0,515	0,208	1,764
Guarango negro	Leguminosae	*Parkia velutina*	20	18	0,509	0,203	2,383
Caimo de monte	Cecropiaceae	*Pourouma myrmecophila*	20	14	0,359	0,101	0,924
Chingale	Bignoniaceae	*Jacaranda copaia*	19	11,5	2,164	2,069	12,51
Otobo	Myristicaceae	*Otoba novogranatensis*	19	15	0,499	0,196	1,912
Laurel indio	Lauraceae	*Nectandra sp1*	19	15	0,413	0,134	1,311
Costillo	Apocynaceae	*Aspidosperma excelsum*	18	15	0,716	0,402	3,927
Fono negro	Lecythidaceae	*Couratari stellata*	18	10	0,588	0,272	1,770
Achapo	Leguminosae	*Cedrelinga cateniformis*	18	12	0,573	0,257	2,011
Laurel indio	Lauraceae	*Nectandra sp2*	18	10	0,429	0,145	0,942
Resbala mono	Rubiaceae	*Capirona decorticans*	17	15	0,445	0,090	0,745
Arrayan	Myrthaceae	*Calyptranthes cuspidata*	16	8	0,264	0,054	0,285
Sangre de toro	Myristicaceae	*Virola elongata*	16	8	0,191	0,028	0,149
Caraño	Burseraceae	*Protium guianense*	15	8	0,633	0,315	1,638
Caimarón	Urticaceae	*Pouroma cecropiifolia*	15	13	0,579	0,263	2,227
Pelacara Amarillo	Moraceae	*cf. Clarisia*	15	10	0,477	0,179	1,163
Laurel amarillo	Lauraceae	*Aniba coto*	15	9	0,477	0,179	1,047
Lechechiva	Moraceae	*Pseudolmedia laevi*	15	6	0,413	0,134	0,524
Palma Guajo	Arecaceae	*Attalea maripa*	15		0,385	0,116	0
Gomo	Anacardiaceae	*Tapirira guianensis*	15	12	0,299	0,070	0,548
Caimo	Sapotaceae	*Micropholis guyanensis*	15	20	0,286	0,064	0,837
Incienso	Burseraceae	*Protium apiculatum*	14	4	0,509	0,203	0,529
Palma milpesos	Arecaceae	*Oenocarpus bataua*	14		0,343	0,092	0
Cabo de hacha	Miristicaceae	*Virola elongata*	14	9	0,28	0,1	0,4
Boca de indio	Compositae	*Piptocoma discolor*	14	7	0,261	0,053	0,243
Algarrobo	Leguminosae	*Hymenaea parvifolia*	14	2	0	0	0
Ahumado minche	Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	13,5	7,5	1,696	1,130	5,463
Barbasco	Leguminosae	*Inga capitata*	12	2,5	0,452	0,160	0,260
Bayo	Leguminosae	*Enterolobium schomburgkii*	12	12	0,350	0,096	0,751
Palma cachuda	Arecaceae	*Iriartea deltoidea*	12		0,200	0,031	0
Borojó	Rubiaceae	*Borojoa patinoi*	12		0,178	0,025	0
Palma cumare	Arecaceae	*Astrocaryum rodriguesii*	11		0,276	0,060	0
Papayuelo	Araliaceae	*Schefflera morototoni*	10	9	0,636	0,318	1,862
Laurel amarillo	Lauraceae	*Ocotea longifolia*	10	0	0,477	0,179	0
Juan soco	Apocynaceae	*Couma macrocarpa*	10	5	0,276	0,060	0,195
Chilco blanco	Melastomataceae	*Miconia appendiculata*	8	3	0,286	0,064	0,125
Golondrino	Annonaceae	*Oxandra xylopioides*	8		0,254	0,050	0
Maní	Caryocaraceae	*Caryocar glabrum*	8	3	0,222	0,039	0,076
Chilco negro	Urticaceae	*Pourouma bicolor*	8	6	0,108	0,009	0,035
Frijolillo	Leguminosae	*Ormosia coarctata*	8		0,073	0,004	0

SE DETERMINA EL PROMEDIO DE LA ALTURA EN METROS (ΔH), LA SUMATORIA DEL DIÁMETRO DEL TRONCO EN METRO (DAP), ÁREA BASAL EN M² (AB), Y VOLUMEN DEL TRONCO EN M ³ (V) DE LAS ESPECIES EVALUADAS POR LA CORPORACIÓN, BASADOS EN INFORMACIÓN PRIMARIA EN CAMPO

TABLA 44. ESTRATOS DE LOS REMANENTES DE BOSQUE EN EL BLOQUE EL NOGAL

Altura (m)	Clase	Estrato	No Ind	%
> 25	Emergentes	Emergentes	6	8,33
20,1-25	Árboles	Dosel	17	23,61

15,1-20	Arbolitos	Subdosel	21	29,17
10,1-15	Arbustos	Sotobosque	20	27,78
5,1 -10	Regeneración	Bajo	8	11,11
Total			**72**	**100**

ELABORACIÓN PROPIA

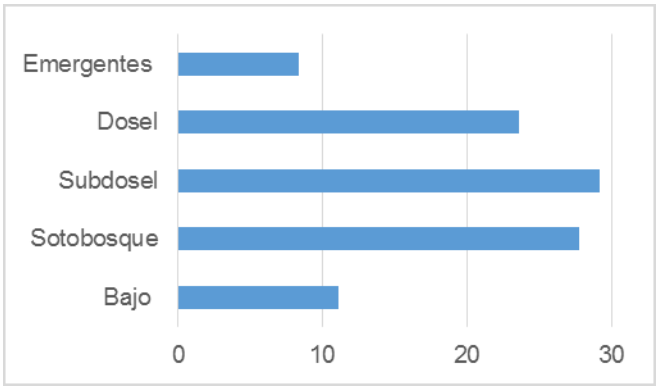


FIGURA 132. PORCENTAJE DE INDIVIDUOS PRESENTES EN CADA ESTRATO DE LOS REMANENTES DE BOSQUE ESTRATOS VERTICALES A PARTIR DE LA ALTURA DE LOS INDIVIDUOS EVALUADOS
ELABORACIÓN PROPIA

Por otro lado se hace un acercamiento a la densidad de plantas leñosas que pueden presentarse en los fragmentos de bosque evaluados, por medio de parcelas de 10 metros por cada lado (Tabla 45). Dentro de estas parcelas, se evalúan individuos leñosos dentro de los cuales se registran palmas, árboles con CAP de más de 1 m y arbolitos con CAP menores a 1m y mayores de 0,12 m. A partir de esto se reporta un promedio de 23 individuos en 100 m^2, 25 individuos como máximo y 22 como mínimo. Así mismo se establece que el número de arbolitos o árboles en estados juveniles, es el doble o más del número de árboles adultos, lo que indica que existe una evidente regeneración del bosque, obteniéndose en promedio 14 arbolitos y 6 árboles en el área evaluada; mientras que las palmas se presentan en menor cantidad que los árboles, obteniéndose en promedio 3 individuos en los 100 m^2.

Lo anterior ayuda a aclarar que existe una alta densidad de especies leñosas por área en los remanentes de bosque, dato que no se reporta claramente en el EIA del bloque El Nogal, y que es muy importante para determinar el verdadero impacto en cuanto al número de individuos afectados, en el momento de realizarse un aprovechamiento forestal.

Así mismo y de acuerdo a los caracteres estructurales reportados anteriormente para las árboles y palmas presentes en los remanentes de bosque, en donde se establece que los individuos adultos presentan un gran desarrollo tanto vertical como horizontal, se corrobora que son remanente que permanecen en un buen estado de conservación, lo que aumenta considerablemente el impacto que generaría un aprovechamiento forestal, según lo que se plantea en el EIA.

Esto datos revelan que al interior de los fragmentos de bosque remanentes en el bloque El Nogal, se presentan especies que han alcanzado su máximo desarrollo tanto a nivel vertical (alturas) como horizontal (área basal y volumen), lo cual indica que están siendo claves en mantener la estructura del ecosistema. Así mismo se registra una alta densidad y regeneración de las especies leñosas.

También evidencia la existencia de fragmentos de bosque estructurados, con diversidad de especies de plantas y hábitats que pueden servir para alimento y refugio para la fauna. De igual forma, la permanencia de micrositios con condiciones necesarias para la germinación y establecimiento de especies de plantas típicas de bosque, aseguran su permanencia y renovación. Todo esto asegura la prestación de servicios ambientales de los remanentes de bosque en el bloque El Nogal.

TABLA 45. DENSIDAD DE INDIVIDUOS LEÑOSOS EN REMANENTES DE BOSQUE

Lugar	Parcela	E	N	Altitud	Ind	Árboles	Arbolitos	Palmas
Vda. Bolivia, Finca la Bonita	1	828710	631381	277	25	7	13	5
Vda. La Reforma, Finca el Vergel	2	828349	625256	234	22	6	15	2
Vda. La Florida, Finca de Raumir Escobar	3	826405	622979	287	22	5	13	4

SE EVALÚA LA CANTIDAD DE INDIVIDUOS DE ÁRBOLES, ARBOLITOS Y PALMAS PRESENTES EN PARCELAS DE 100M^2
MUESTREO DE LA CORPORACIÓN, BASADOS EN INFORMACIÓN PRIMARIA EN CAMPO

En la siguiente tabla se presentan las principales características ecológicas para las especies amenazadas encontradas en el APE Nogal. En el Anexo 15 se presentan fotografías de las especies encontradas.

TABLA 46. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS ESPECIES DE PLANTAS AMENAZADAS REPORTADAS PARA APE NOGAL.

<table>
<tr><td colspan="4">Podocarpus guatemalensis (Pino del Caquetá)</td></tr>
<tr><td colspan="4">   </td></tr>
<tr><td rowspan="2">Categorías de Amenaza</td><td rowspan="2">Nacional</td><td>Libros rojos</td><td>Casi amenazada (NT) [282] (Cárdenas López y Salinas 2007)</td></tr>
<tr><td>MADS, Resolución 1912/ de septiembre de 2017</td><td>Vulnerable (VU)</td></tr>
<tr><td></td><td>Internacional</td><td>IUCN, Lista Roja de Especies Amenazadas</td><td>Preocupación menor (LC)</td></tr>
<tr><td>Tipo de registro</td><td colspan="3">Observada y fotografía</td></tr>
<tr><td>Amenazas</td><td colspan="3">Esta especie se considera Vulnerable porque se calcula que las poblaciones se han reducido en cerca de un 30% en la últimas tres décadas, ha disminuido la calidad de los hábitats donde se encuentran y presenta niveles de explotación reales que actualmente están operando. Esta especie enfrenta un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.
Existen registros dudosos de P. guatemalensis (Sánchez s.n. COL, Cárdenas 11763 COAH) procedentes del piedemonte andinoamazónico entre las cuencas de los ríos Mocoa y Caquetá, de hábitats deteriorados.[283].</td></tr>
<tr><td>Aspectos ecológicos</td><td colspan="3">Árbol de dosel, de condición sexual dioica, aparentemente escaso. Crece en bosques tropicales y subandinos, húmedos a muy húmedos. En la región del valle medio del río Magdalena crece en suelos pobres y arenosos.
Se distribuye desde Centroamérica hasta Venezuela, Colombia y Ecuador. En Colombia se conoce en tres regiones: en el Chocó Biogeográfico, entre el piedemonte de la serranía del Baudó y los departamentos de Cauca y Nariño (incluida la isla Gorgona); en la cordillera Central, entre los valles del bajo Cauca y el río Porce-Nechí; y en la vertiente occidental de la cordillera Oriental en el valle medio del río Magdalena. Su distribución comprende un rango altitudinal desde el nivel del mar hasta 1550 m.
Esta especie se encontró en Vereda La Florida, Finca de Raumir Escobar, Valparaíso.</td></tr>
</table>

[282] Cárdenas L.D., NC. Arboleda, S. Tunjano & L. Quintero. (2015). Planes de manejo para la Conservación del Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI.

<table>
<tr><td colspan="4">Cedrela odorata L. (Cedro)</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">Categorías de Amenaza</td><td rowspan="2">Nacional</td><td>Libros rojos</td><td>Apéndice III de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES) (Cárdenas & Salinas 2007). En el año 2007 es categorizada a nivel nacional como En Peligro (EN) (Cárdenas & Salidas 2007)</td></tr>
<tr><td>MADS, Resolución 1912/ de septiembre de 2017</td><td>En peligro (EN)</td></tr>
<tr><td></td><td>Internacional</td><td>IUCN, Lista Roja de Especies Amenazadas</td><td>Vulnerable (VU)</td></tr>
<tr><td>Tipo de registro</td><td colspan="3">Observada y fotografía</td></tr>
<tr><td>Amenazas</td><td colspan="3">El Cedro es una de las especies con mayor demanda en el mercado mundial, ante lo cual las poblaciones naturales han sido diezmadas durante las últimas décadas; por esta razón en el año 1994 fue categorizada como vulnerable (VU) (IUCN 2012). Colombia en el año 2001 a incluirla en el Apéndice III de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES) (Cárdenas & Salinas 2007). En el año 2007 es categorizada a nivel nacional como En Peligro (EN) (Cárdenas & Salinas 2007). Posteriormente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 1912 de 2017 la declarada como especie amenazada a nivel nacional.</td></tr>
<tr><td>Aspectos ecológicos</td><td colspan="3">Árbol de dosel, deciduo que puede alcanzar 40 metros de altura y hasta 2 metros de diámetro. Copa redondeada y fuste cilíndrico, recto, con bambas pequeñas o muy desarrolladas. Hojas compuestas y alternas, paripinnadas con 7 a 11 pares de foliolos subopuestos a opuestos. Presenta un relativo rápido crecimiento y es capaz de competir con vegetación secundaria una vez se ha establecido.
En Colombia se halla ampliamente distribuida a lo largo de todas las regiones bajas y de piedemonte andino; ha sido registrada en casi todos los departamentos del país, a excepción de Guainía, Norte de Santander, Vaupés y Vichada, donde aún no ha sido confirmada su presencia, con registros biológicos. En el departamento del Amazonas crece tanto en bosques de tierra firme como inundables
Esta especie se encontró en potrero como árbol aislado en la Vereda La Reforma, Finca el vergel Reinaldo Fajardo, Valparaíso.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="4">Ocotea quixos (Lam.) Kosterm. (Canelo de los Andaquíes)</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">Canelo de los Andaquíes. a) Individuo latizal, b) individuo fustal, c) flores y d) cúpula seca (Fotos: Laura Rivera-Instituto Sinchi). Foto tomada de</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Categorías de Amenaza</td><td rowspan="2">Nacional</td><td>Libros rojos</td><td>Casi amenazada (NT) [284] (Cárdenas López y Salinas 2007)</td></tr>
<tr><td>MADS, Resolución 1912/ de septiembre de 2017</td><td>Vulnerable (VU)</td></tr>
<tr><td>Internacional</td><td>IUCN, Lista Roja de Especies Amenazadas</td><td>Preocupación menor (LC)</td></tr>
<tr><td>Tipo de registro</td><td colspan="3">Observada y fotografía</td></tr>
<tr><td>Amenazas</td><td colspan="3">Esta evaluada en Peligro (EN A2acd) debido a la explotación de la madera; su distribución natural es restringida, con una baja abundancia de individuos adultos, crecimiento lento de la regeneración natural y se encuentra en regiones que presentan un acelerado proceso de pérdida de cobertura boscosa (Salinas & Cárdenas 2007).
En Colombia, el Canelo de los Andaquíes sólo se conoce en el piedemonte de Caquetá y Putumayo, el hábitat de la población evaluada en el municipio de Orito (departamento del Putumayo) a 400 msnm, corresponde a bosques maduros bien conservados. En el departamento del Caquetá, se encontró el Canelo de los Andaquíes en bosque intervenido, entre los 250 a 300 msnm, en superficies planas o con pendientes de hasta el 10%. En estas dos localidades los individuos se registraron cerca a fuentes hídricas.</td></tr>
<tr><td>Aspectos ecológicos</td><td colspan="3">Árbol perenne de 5 - 20 m, tronco recto y cilíndrico; Brotes florales verdes, presenta flor hermafrodita de color blanco - verdosa con cáliz grande y persistente con seis sépalos, olor característico a canela y un fruto dimórfico ovalado de 4 cm de longitud.
Esta especie se ha encontrado en los municipios de Belén de los Andaquíes, Morelia y Albania. En Ecuador han cultivado esta especie para el aprovechamiento de los aceites esenciales que se extraen de las hojas, tallos y cúpulas, de una manera sostenible.
Problemática: Falta de información de las poblaciones colombianas sobre la dinámica de poblacionales, así como aspectos ecológicos (fenología, polinización, entre otros) y la importancia de la variedad de usos de Canelo de los Andaquíes en el área de la medicina, alimento y artesanías, han promovido una rápida reducción de las poblaciones naturales y la subutilización de las mismas.
Cárdenas L.D., NC. Arboleda, S. Tunjano & L. Quintero. (2015). Planes de manejo para la Conservación del Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI</td></tr>
</table>

ELABORACIÓN PROPIA, 2017

[284] Cárdenas L.D., NC. Arboleda, S. Tunjano & L. Quintero. (2015). Planes de manejo para la Conservación del Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI.

3.2.6 Fauna

3.2.6.1 Ornitofauna

Representatividad del muestreo

La avifauna de los ecosistemas donde se realizó el muestreo tuvo una representatividad del 88% (Tabla 47).

TABLA 47. REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO EN LAS COBERTURAS VEGETALES MUESTREADAS.

Ecosistemas	No. especies observadas	No. especies esperadas (Chao 1)	Singletons	Doubletons	Representatividad (%)
Bosques y pastos	104	118	28	26	88

Con la información recolectada en todos los sitios de muestreo, se realizó la curva de acumulación de especies con base en los estimadores ACE, Chao1 y MMMean, en todos los casos las curvas de los indicadores denotaron un buen muestreo, pues tendieron hacia una recta asintótica, como se observa en la siguiente figura. Igualmente, los estimadores (Chao1 y ACE) finalizaron no por encima de los valores observados (S est).

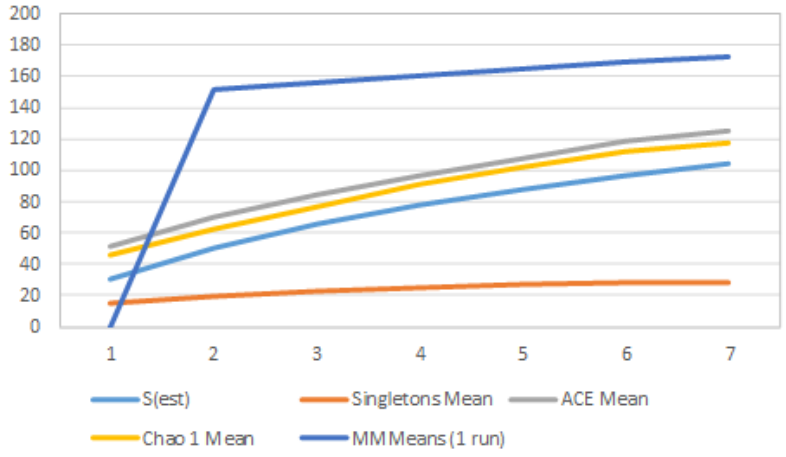


FIGURA 133. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES
ELABORACIÓN PROPIA

Por otro lado, la curva del número de especies que solo están representadas por un individuo (Singletons) tuvo también tendencia hacia la asíntota (o inclusive a descender), lo que indica que se logró un buen muestreo en todos los sitios visitados.

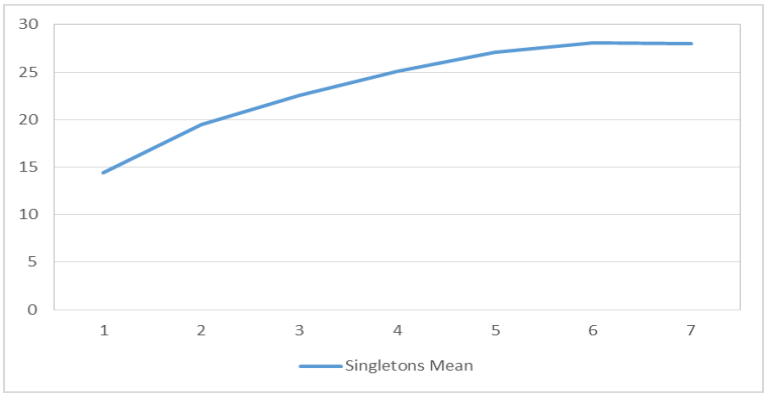


FIGURA 134. CURVA DE SINGLETONS
ELABORACIÓN PROPIA

Diversidad alfa o riqueza de especies.

El mayor número de especies de aves fue registrado en las veredas La Reforma y La Florida, municipio de Valparaíso (61 y 50 especies respectivamente), dos de los lugares donde se realizó el mayor esfuerzo de muestreo; en tanto que el menor número correspondió a Vereda La Cándido, municipio de Morelia (18 especies). Las veredas Rochela Baja y Bolivia en Morelia registraron 49 y 21 especies respectivamente.

TABLA 48. DIVERSIDAD DE AVES EN LAS VEREDAS VISITADAS

Vereda	No. Especies observadas
Vereda Rochela Baja, Morelia	49
Vereda Bolivia, Morelia	21
Vereda La Cándido, Morelia	18
Vereda La Reforma, Valparaíso	61
Vereda La Florida, Valparaíso	50

La diversidad alfa está asociada a factores ambientales locales y está determinada por las interacciones entre poblaciones, especialmente la competencia entre especies (Halffter y Moreno 2005) [285]. Igualmente, la diversidad de aves está asociada positivamente a una mayor complejidad en la estructura de la vegetación (Karr & Roth 1971)[286], es por esto que, en ambientes pobres estructuralmente como los pastos limpios, se encontró menor diversidad de aves.

Composición taxonómica de la avifauna

La avifauna en el área de estudio estuvo compuesta por 20 órdenes, 41 familias y 104 especies (Anexo 17). En la siguiente tabla se presenta un resumen de la composición de la avifauna por vereda.

TABLA 49. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA AVIFAUNA POR VEREDA, EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

Vereda	Ordenes	Familias	Especies	No. de individuos registrados	No. de especies exclusivas
Rochela Baja, Morelia	15	26	49	161	6

[285] CITES. 2017. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Lista de especies en http://checklist.cites.org/#/es
[286] Karr, J. R., & Roth, R. R. (1971). Vegetation structure and avian diversity in several New World areas. The American Naturalist, 105(945), 423-435.

Bolivia, Morelia	11	15	21	74	1
La Cándido, Morelia	8	13	18	29	2
La Reforma, Valparaíso	17	33	61	134	9
La Florida, Valparaíso	18	29	50	134	10

La vereda que presentó mayor número de órdenes fue La Florida, seguida por Rochela Baja y el valor más bajo fue para La Cándido. El orden paseriforme domina en cuanto a número de especies en todos los sitios estudiados, y alcanza hasta 26 especies en La Reforma, otros órdenes con bastantes especies observadas fueron: Piciformes (tucanes y carpinteros), Psittaciformes (loros y guacamayas), y Pelicaniformes (garzas blancas y rojas).

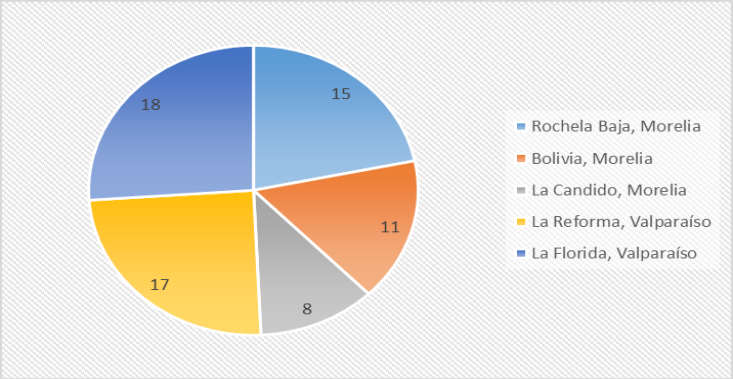


FIGURA 135. NÚMERO DE ÓRDENES DE AVES POR VEREDA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL. ELABORACIÓN PROPIA

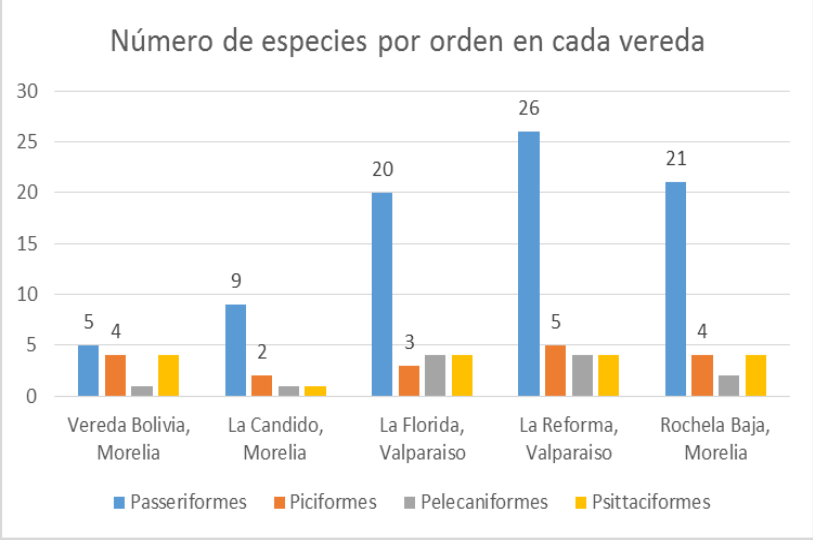


FIGURA 136 NÚMERO DE ESPECIES POR ORDEN EN CADA VEREDA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL ELABORACIÓN PROPIA

Con respecto a las familias de aves, el lugar que mayor número fue la vereda La Reforma con 33, las otras veredas tuvieron entre 13 y 29 familias (Figura 136). En la mayoría de veredas, la familia de aves con mayor número de especies fue la de los atrapamoscas (Tyrannidae), seguida por las tangaras (Thraupidae), los loros (Psittacidae) y las garzas

(Ardeidae). Las palomas (Columbidae) fueron especialmente numerosas en La Reforma y la Rochela Baja (Figura 137).

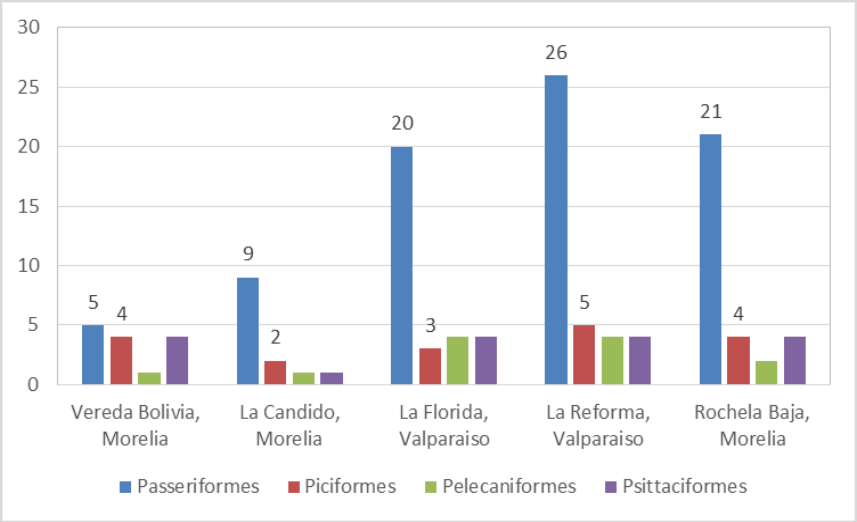


FIGURA 137 NÚMERO DE FAMILIAS POR VEREDA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

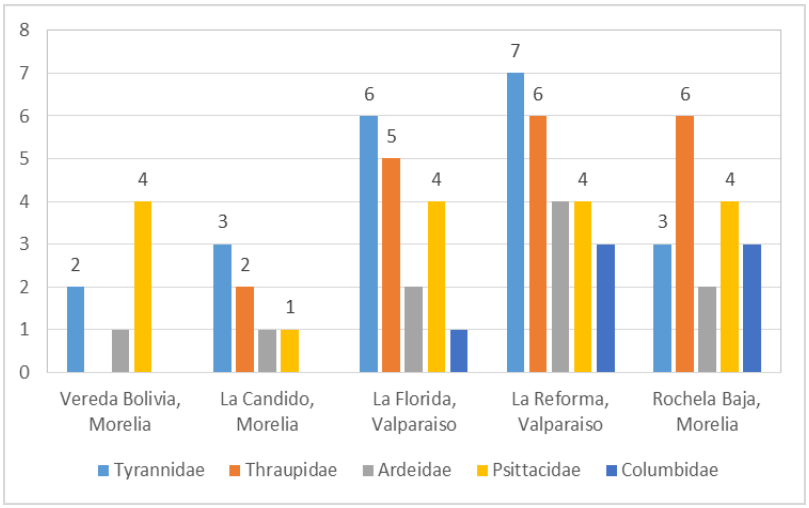


FIGURA 138 NÚMERO DE ESPECIES POR FAMILIA MÁS DESTACADAS EN CADA VEREDA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

Se encontró un total de 532 individuos en los cinco sitios de muestreo, y la vereda en donde se observó el mayor número de aves fue en la Rochela Baja (161 individuos) (Tabla 49). Las especies más abundantes fueron la Guacamaya Frenticastaña (*Ara severus*) con 70 individuos, el chulo (*Coragyps atratus*) (33), los mochileros (*Psarocolius angustifrons*) (24) y las garzas del ganado (*Bubulcus ibis*) (21).

En el Anexo 12, se muestran algunas fotografías de las especies de aves registradas y obtenidas por medio de observaciones directas en el área de influencia directa.

Importancia Ecológica de las aves

Luego de cotejar las especies registradas en campo contra los listados de amenaza a nivel nacional (Libro rojo de aves de Colombia. Vol. 1 y 2) [287] y de la UICN (2017) [288] y los de la CITES, 2017 (Tabla 50), en los sitios visitados destaca la presencia del Tucán o diostedé (*Ramphastos tucanus)* y de la Paloma Rojiza (*Patagioenas subvinacea*), en estado Vulnerable de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, con base en los modelos de deforestación de la cuenca amazónica y de la susceptibilidad de la especie a la caza, por lo cual se sospecha que su población disminuirá rápidamente en tres (3) generaciones con el año 2002 como punto de partida (UICN 2017) [289].

Por otro lado, también se encontró una especie casi amenazadas: el loro churuquero o rucio (*Amazona farinosa*), esta especie se sospecha que perderá entre 17,9 y 28,2% de su hábitat dentro de su rango de distribución en 37 años, de acuerdo con modelos de deforestación amazónica y dada la susceptibilidad de la especie a la caza y cautiverio, su población disminuirá a una tasa de 25 a 29% en tres (3) generaciones (Soares-Filho *et al.* 2006[290], Bird *et al*. 2012[291]).

TABLA 50. ESPECIES DE AVES AMENAZADAS, MIGRATORIAS Y EN LISTADOS CITES.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE AMENAZA EN EL MUNDO	ESTADO CITES	MIGRACIÓN
		UICN	Apéndices	
Dendrocygna autumnalis	Pato Silbador Aliblanco	LC	III	
Ictinia plumbea	Elanio Plomizo	LC	II	
Rupornis magnirostris	Gavilán Caminero	LC	II	
Patagioenas subvinacea	Paloma Rojiza	**VU**		
Megascops choliba	Autillo Tropical	LC	II	
Phaethornis malaris	Ermitaño Pico Grande	LC	II	
Phaethornis ruber	Ermitañito Rufo	LC	II	
Phaethornis sp.	Colibrí Ermitaño sp.	LC	II	
Anthracothorax nigricollis	Mango Gorguinegro	LC	II	
Pteroglossus castanotis	Arasarí Fajado	LC	III	
Ramphastos tucanus	Piapoco Gargantiblanco	**VU**	II	

[287] Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D., & Burbano-Girón, J. (2014). Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto von Humboldt.
[288] IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 14 September 2017.
[289] Bird, J. P., Buchanan, G. M., Lees, A. C., Clay, R. P., Develey, P. F., Yépez, I., & Butchart, S. H. (2012). Integrating spatially explicit habitat projections into extinction risk assessments: a reassessment of Amazonian avifauna incorporating projected deforestation. Diversity and Distributions, 18(3), 273-281.
[290] Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis, M. A., Córdoba Córdoba, S. &y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. Biota Colombiana 14 (2): 235-272.
[291] Bird, J. P., Buchanan, G. M., Lees, A. C., Clay, R. P., Develey, P. F., Yépez, I., & Butchart, S. H. (2012). Integrating spatially explicit habitat projections into extinction risk assessments: a reassessment of Amazonian avifauna incorporating projected deforestation. Diversity and Distributions, 18(3), 273-281.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE AMENAZA EN EL MUNDO	ESTADO CITES	MIGRACIÓN
Daptrius ater	Chupacacao Negro	LC	II	
Milvago chimachima	Caracara Cabeciamarilla	LC	II	
Herpetotheres cachinnans	Halcón Reidor	LC	II	
Amazona ochrocephala	Loro Coroniamarillo	LC	II	
Amazona farinosa	Loro Harinoso	**NT**	II	
Amazona amazonica	Amazona Alinaranja	LC	II	
Forpus xanthopterygius	Catita Enana	LC	II	
Forpus sp.	Forpus sp.	LC	II	
Pionites melanocephalus	Perico Calzoncito	LC	II	
Aratinga weddellii	Dusky-headed Parakeet	LC	II	
Ara severus	Guacamaya Frenticastaña	LC	II	
Tyrannus savana	Tijereta Sabanera	LC		IPRP
Cephalopterus ornatus	Pájaro Paraguas	LC	III	

CR: EN PELIGRO CRÍTICO, EN: EN PELIGRO, VU: VULNERABLE, NT: CASI AMENAZADO, LC: PREOCUPACIÓN MENOR, DD: DATOS INSUFICIENTES, IPRP: INVERNANTE CON POBLACIONES REPRODUCTIVAS PERMANENTES

Por otro lado, de acuerdo con la CITES (2017) para los sitios estudiados no hay especies en el Apéndice I (Tabla 50), es decir especies que están en peligro de extinción y para las cuales se prohíbe el comercio internacional de especímenes, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales.

En el apéndice II, figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio y de las cuales 19 aparecen en el área de estudio, cinco aves rapaces diurnas de las familias Accipitridae y Falconidae y una nocturna (Strigidae), ocho loros y guacamayas (Psittacidae), cuatro colibríes (Trochilidae), y un tucán (Ramphastidae) (Tabla 50).

En el Apéndice III están las especies incluidas a solicitud de otro país que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. Dentro de la avifauna del APE Nogal, contamos con el tucán o Pichí bandirrojo (*Pteroglossus castanotis*) y el Pájaro Paraguas (*Cephalopterus ornatus*).



Loro arenoso, *Amazona farinosa*

Garza crestada, *Pilherodius pileatus*

Gavilán Caminero, *Rupornis magnirostris*

FOTOGRAFÍA 138. ESPECIES DE AVES OBSERVADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
FOTOGRAFÍAS PROPIAS

Tras evaluar las aves observadas y contrastar con el listado de especies endémicas o de interés para Colombia de acuerdo con Chaparro-Herrera *et al* (2013)[292], no se encontró ninguna especie endémica.

Respecto a las aves migratorias se encontró una especie, la Tijereta Sabanera (*Tyrannus savana*) que migra desde el sur del continente (Tabla 50). Esta especie migratoria fue observada en zonas abiertas de la Vereda La Reforma.

Grupos de dieta.

El grupo de dieta dominante en el conjunto de especies de avifauna del APE Nogal fue el de las aves que se alimentan de insectos pequeños (IP) (31,7%), seguido por los frugívoros (F) (29,8%) y los que cazan insectos, invertebrados grandes y vertebrados muy pequeños (IV) (19,2%).

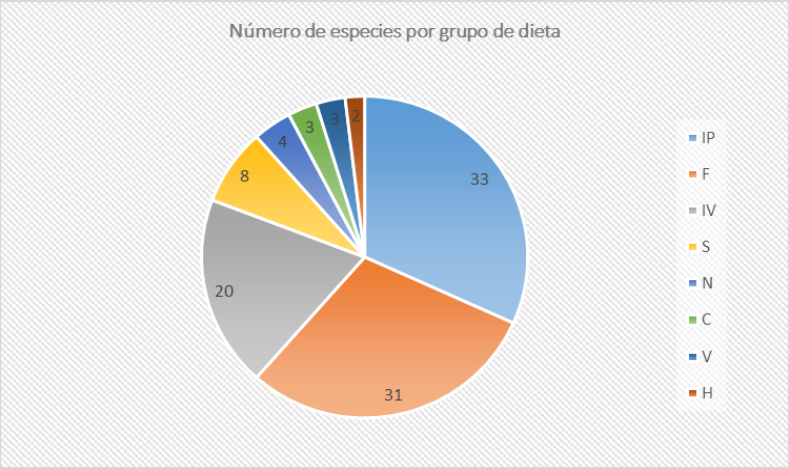


FIGURA 139 NÚMERO DE ESPECIES POR GRUPOS DE DIETA PARA LA AVIFAUNA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA
INSECTOS E INVERTEBRADOS PEQUEÑOS (IP), INSECTOS, INVERTEBRADOS GRANDES Y VERTEBRADOS MUY PEQUEÑOS (IV), VERTEBRADOS MÁS GRANDES (V), CARROÑA (C), FRUTOS (F), SEMILLAS (S) NÉCTAR (N) Y HERBÍVOROS (H).

3.2.6.2 Anfibios y reptiles (Herpetofauna)

Representatividad del muestreo

Debido a que no se hizo un esfuerzo de muestreo centrado particularmente en la herpetofauna la representatividad del mismo es muy baja, por ese mismo motivo el análisis de anfibios y reptiles se realizó en un solo capitulo dentro de este documento. No se observó ninguna especie de salamandra o tritón (Caudata) al igual que ninguna serpiente u ofidio (Serpientes).

[292] Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis, M. A., Córdoba Córdoba, S. &y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. Biota Colombiana 14 (2): 235-272.

Diversidad alfa o riqueza de especies.

El mayor número de especies de reptiles y anfibios fue registrado en las veredas La Reforma, del municipio de Valparaíso (3 especies); en tanto que el menor número correspondió a la Vereda Rochela Baja, en el municipio de Morelia (1 especie). En la vereda Bolivia en Morelia no se registró ninguna especie (Tabla 51).

TABLA 51. DIVERSIDAD DE REPTILES Y ANFIBIOS EN LAS VEREDAS VISITADAS, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL

Vereda	Número especies observadas
Vereda La Reforma, Valparaíso	3
Vereda La Cándido, Morelia	2
Vereda La Florida, Valparaíso	2
Vereda Rochela Baja, Morelia	1
Vereda Bolivia, Morelia	0

Composición taxonómica de la herpetofauna

En la siguiente figura se presenta el grupo de herpetofauna que estuvo compuesto por 4 órdenes, 6 familias y 8 especies. En la Tabla 52 se presenta un resumen de la composición de especies por vereda.

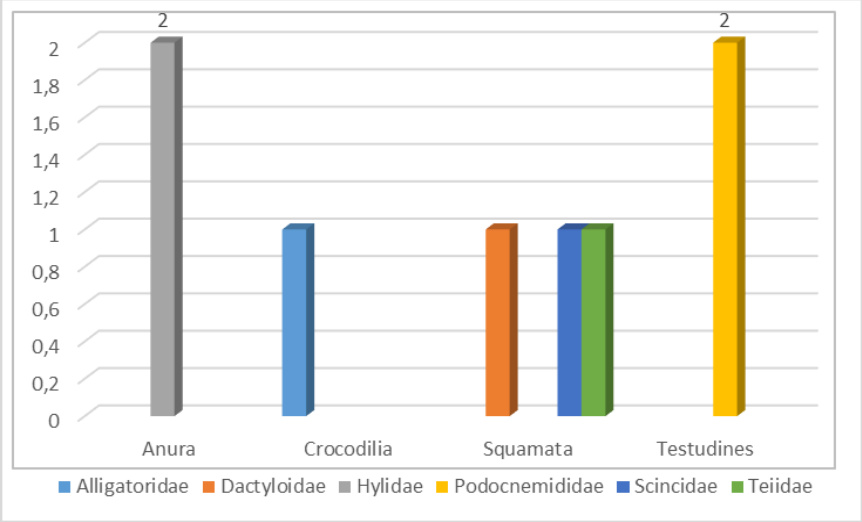


FIGURA 140 NÚMERO DE ESPECIES POR ORDEN Y FAMILIA DE LA HERPETOFAUNA REGISTRADA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 52. NÚMERO DE INDIVIDUOS DE RANAS Y REPTILES POR ESPECIE, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL

Nombre científico	Nombre Común	Vereda La Cándido Morelia	Vereda La Florida Valparaíso	Vereda La Reforma Valparaíso	Vereda Rochela Baja Morelia
Hypsiboas sp.	Rana común				1
Cf. Hypsiboas geograficus	Rana arbórea	1			
Ameiva ameiva	Lobito azul, mato o borriguero			1	
Cf. Mabuya altamazonica	Mabuya amazónica	1			

Anolis fuscoauratus	Anolis de oreja café		1		
Podocnemis expansa	Charapa arrau			1	
Podocnemis unifilis	Terecay o taricaya			1	
Caiman crocodilus	Babilla		1		

El orden mejor representado fue el de los lagartos (Squamata), seguido por las tortugas (Testudines) y las ranas (Hylidae). Las familias mejor representadas fueron las de las tortugas acuáticas (Podocnemididae) y las ranas arborícolas comunes (Hylidae).

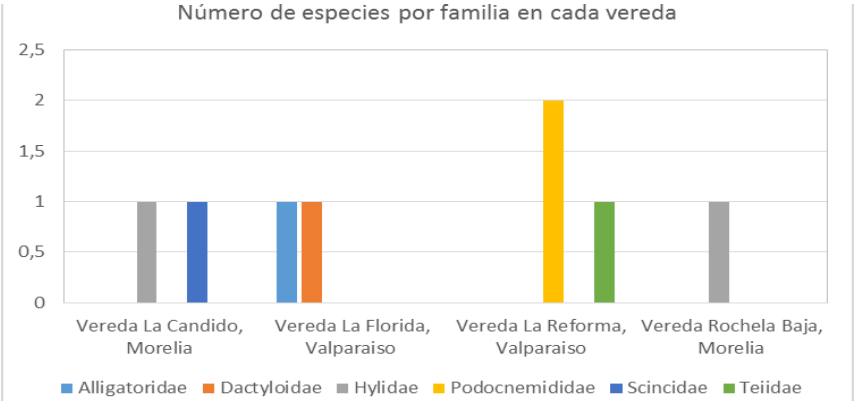


FIGURA 141 NÚMERO DE ESPECIES DE REPTILES Y ANFIBIOS POR FAMILIA Y VEREDA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

En el Anexo 18 se muestran algunas fotografías de las especies de reptiles y anfibios registradas en el área de estudio por medio de observaciones directas.



Cf. Mabuya altamazonica *Ameiva ameiva* *Anolis fuscoauratus*

FOTOGRAFÍA 139. ESPECIES DE REPTILES OBSERVADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
FOTOGRAFÍAS PROPIAS

Importancia ecológica de la herpetofauna

Luego de cotejar las especies registradas en campo contra los listados de amenaza a nivel nacional (Libro rojo de reptiles de Colombia) y de la UICN (2017) y los de la CITES (2017), se encontraron 8 especies de algún interés ecológico. Se encuentra una especie críticamente amenazada de extinción en Colombia: la charapa arrau (*Podocnemis expansa*), por otro lado, la terecay o taricaya (Podocnemis unifilis) es considerada vulnerable (VU) por la IUCN, mientras que tanto en el Libro Rojo de Reptiles de Colombia como en la Resolución 0192 de 2014 del MADS, se considera en peligro (EN).

TABLA 53. ESPECIES DE REPTILES Y ANFIBIOS AMENAZADOS Y EN LISTADOS CITES.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE AMENAZA EN EL MUNDO	ESTADO DE AMENAZA EN COLOMBIA		ESTADO CITES
		UICN	Libro Rojo Reptiles Colombia	Resolución 0192/2014 MADS	Apéndices
Ameiva ameiva	Lobito azul, mato o borriguero	NE			
Cf. Mabuya altamazonica	Mabuya amazonica	NE			
Anolis fuscoauratus	Anolis de oreja café	NE			
Podocnemis expansa	charapa arrau	LC	CR	EN	II
Podocnemis unifilis	terecay o taricaya	VU	EN	EN	II
Caiman crocodilus	Babilla	LC			II
Hypsiboas sp1.	rana común	LC			
Cf Hypsiboas geographicus	rana arbórea	LC			

CR: EN PELIGRO CRÍTICO, EN: EN PELIGRO, VU: VULNERABLE, LC: PREOCUPACIÓN MENOR, NE: NO EVALUADO

Por otro lado, de acuerdo con la CITES (2017) dentro de los sitios estudiados se encuentran 3 especies de reptiles en el apéndice II: la charapa arrau (*Podocnemis expansa*), la terecay o taricaya (*Podocnemis unifilis*) y la babilla o cachirre (*Caiman crocodilus*), en este apéndice figuran las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio.

3.2.6.3 Mamíferos (Mastofauna)

Representatividad del muestreo

La representatividad del muestreo de mamíferos es muy baja debido a que no se hizo un esfuerzo centrado específicamente en dicho grupo, particularmente ningún murciélago (Chiroptera) ni ratón (Muridae) aparecen en las observaciones, puesto que requieren un muestreo a través de redes de niebla y trampas Sherman, el cual no se hizo.

Diversidad alfa o riqueza de especies.

En la siguiente tabla se observa que el mayor número de especies de mamíferos fue registrado en las veredas La Florida y La Cándido (6 y 4 especies respectivamente); en tanto que el menor número correspondió a la Vereda Rochela Baja en el municipio de Morelia (3 especies). En las veredas La Reforma en el municipio de Valparaíso y Bolivia en Morelia no se registraron especies de mamíferos (Tabla 54).

TABLA 54. DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS EN LAS VEREDAS EVALUADAS

Vereda	Número especies observadas
Vereda La Florida, Valparaíso	6
Vereda La Cándido, Morelia	4
Vereda Rochela Baja, Morelia	3
Vereda La Reforma, Valparaíso	0
Vereda Bolivia, Morelia	0

Composición taxonómica de los mamíferos

Los mamíferos en el área de estudio estuvieron representados por 4 órdenes, 9 familias y 10 especies. En la figurase observa que los monos (Primates) tuvieron la mayor representatividad en el muestreo con cinco especies de tres familias diferentes, posteriormente los roedores (Rodentia) con cuatro familias y una especie por cada una de ellas, mientras que los armadillos (Cingulata) y los marsupiales (Didelphidimorpha), presentan una familia con una especie cada uno.

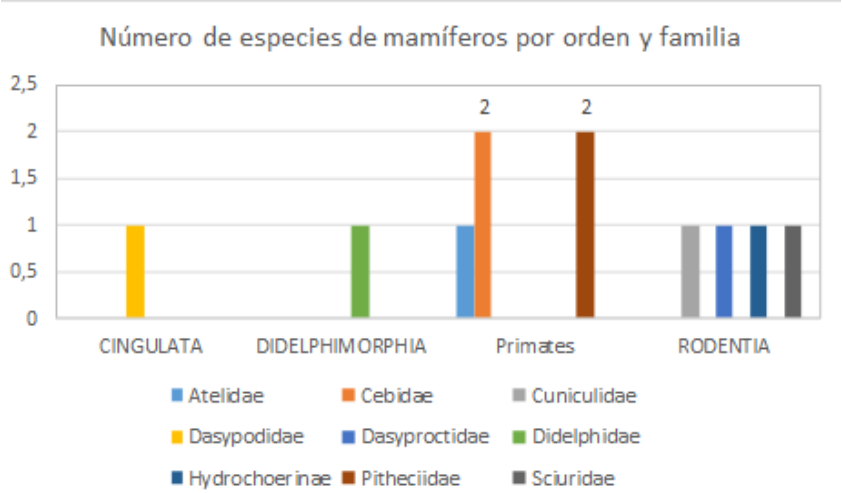
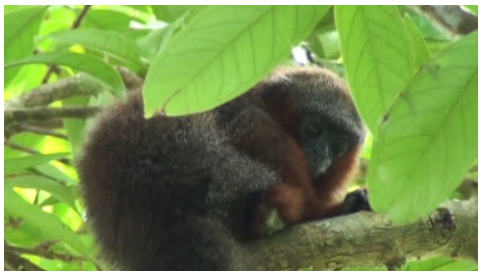


FIGURA 142 NÚMERO DE ESPECIES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR ORDEN Y FAMILIA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
ELABORACIÓN PROPIA

Se registró un total de 29 individuos en los cinco sitios muestreados, y la vereda en donde se contó el mayor número de registros de mamíferos fue La Florida (municipio de Valparaíso) con 19 individuos (Tabla 55). Las especies más abundantes fueron el mono ardilla común (*Saimiri sciureus*) con 13 individuos, el mono volador (*Pithecia milleri*) (6), la boruga (*Cuniculus paca*) y la ardilla del Amazonas norte (*Hadrosciurus igniventris*) con dos individuos cada una y el resto de especies estuvieron representadas por un individuo.



Tití del Caquetá, *Callicebus caquetensis*



Mono volador, *Pithecia milleri*



Mono ardilla común, *Saimiri sciurus*

FOTOGRAFÍA 140. ESPECIES DE MAMÍFEROS OBSERVADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL
FOTOGRAFÍAS PROPIAS

TABLA 55. NÚMERO DE MAMÍFEROS POR ESPECIE EN CADA VEREDA, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL

Nombre científico	Nombre Común	Vered La Cándido, Morelia	Vereda La Florida, Valparaíso	Vereda Rochela Baja, Morelia
Pithecia milleri	Mono volador	4	2	
Callicebus caquetensis	Tití del Caquetá		1	

Sapajus apella	Mico maicero		1	
Saimiri sciureus	Mono ardilla común	1	12	
Alouata seniculus	Mono Aullador		1	
Dasypus novemcinctus	Armadillo			1
Didelphis marsupialis	Chucha			1
Cuniculus paca	Boruga	1		1
Hydrochoerus hydrochaeris	Chigüiro			
Hadrosciurus igniventris	Ardilla del Amazonas norte		2	
Dasyprocta fuliginosa	Ñeque o guara	1		

En el Anexo 18 se muestran algunas fotografías de las especies de mamíferos registradas en el área de estudio por medio de observaciones directas.

Importancia Ecológica de los mamíferos

Luego de cotejar las especies registradas en campo contra los listados de amenaza a nivel nacional (Resolución 0192 de 2014 del MADS) y de la UICN (2017) y CITES (2017) (Para la especie del Titi del *Caquetá, Callicebus* caquetensis se obtuvo un video registrado en campo en la vía a La finca La Solita, por Johan Cubides, estudiante de la Universidad Nacional [video]. Según García y Defler (2015) la especie está restringida al occidente por el río Pescado, al norte por el río Orteguaza y al sur por el río Caquetá. Estos mismos autores citando a Moynihan (1976), afirman que esta especie fue vista *"cerca de Valparaíso (realmente muy cerca en efecto, justo a la periferia en los límites de la* ciudad)". Teniendo en cuenta esto, y debido a que Valparaíso se encuentra a menos de 1km del APE, es altamente probable que esta especie esté al interior del polígono de dicha área, y que deba tenerse en cuenta como una especie sombrilla para la conservación.

Tabla 56), se encuentra una especie críticamente amenazada de extinción a nivel global: el Titi del Caquetá (*Callicebus caquetensis*), el cual a su vez es una especie endémica para Colombia[293], cuya área de ocupación severamente fragmentada se estima en menos de 10 km^2 y es posible que el tamaño de su población tenga menos de 250 individuos maduros[294,295], por otro lado el Mono volador (*Pithecia milleri*) es considerado vulnerable (VU) por la Resolución 0192 de 2014 del MADS, mientras que la IUCN considera que no tiene datos suficientes (DD) para evaluar el estado de dicha especie. Este mono es casi endémico pues parte de su distribución geográfica es compartida con el Ecuador al norte del río Napo[296]

Para la especie del Titi del Caquetá*, Callicebus caquetensis* se obtuvo un video registrado en campo en la vía a La finca La Solita, por Johan Cubides, estudiante de la Universidad Nacional [video]. Según García y Defler (2015)[297] la especie está restringida al occidente por el río Pescado, al norte por el río Orteguaza y al sur por el río Caquetá. Estos mismos

[293] García, J., Defler, T. R., & Bueno, M. L. (2010). The conservation status of *Callicebus caquetensis* (Pitheciidae): a new species in southern Caquetá Department, Colombia. *Neotropical Primates*, *17*(2), 37-46.
[294] Defler, T. R., Bueno, M. L., & García, J. (2010). *Callicebus caquetensis*: a new and critically endangered titi monkey from southern Caquetá, Colombia. *Primate Conservation*, (25), 1-9.
[295] García, J., & Defler, T. (2015). *Callicebus caquetensis*: Cronología de su descripción y estado actual. *Momentos de Ciencia*, *8*(1).
[296] Marsh, L. K. (2014). A taxonomic revision of the saki monkeys, *Pithecia desmarest*, 1804. *Neotropical primates*, *21*(1), 1-165.
[297] Op cit. García y Defler

autores citando a Moynihan (1976)[298], afirman que esta especie fue vista "*cerca de Valparaíso (realmente muy cerca en efecto, justo a la periferia en los límites de la ciudad)*". Teniendo en cuenta esto, y debido a que Valparaíso se encuentra a menos de 1km del APE, es altamente probable que esta especie esté al interior del polígono de dicha área, y que deba tenerse en cuenta como una especie sombrilla para la conservación.

TABLA 56. ESPECIES DE MAMÍFEROS ENDÉMICOS, AMENAZADOS Y EN LISTADOS CITES, ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA APE NOGAL

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE AMENAZA EN EL MUNDO	ESTADO DE AMENAZA EN COLOMBIA	ESTADO CITES	ENDEMISMO
		UICN	Resolución 0192 de 2014 MADS	Apéndices	
Pithecia milleri	Mono volador	DD	VU	II	C-END
Callicebus caquetensis	Titi del Caquetá	CR		II	END
Sapajus apella	Mico maicero	LC		II	
Saimiri sciureus	Mono ardilla común	LC			
Alouata seniculus	Mono Aullador	LC		II	
Dasypus novemcinctus	Armadillo	LC			
Didelphis marsupialis	Chucha	LC			
Cuniculus paca	Boruga	LC			
Hydrochoerus hydrochaeris	Chigüiro	LC			
Hadrosciurus igniventris	Ardilla del Amazonas norte	LC			

CR: EN PELIGRO CRÍTICO, VU: VULNERABLE, LC: PREOCUPACIÓN MENOR, DD: DATOS INSUFICIENTES, C-END: CASI ENDÉMICO, END: ENDÉMICO.

De acuerdo con la CITES (2017) dentro del área directa de influencia del APE Nogal, se encuentran cuatro especies de mamíferos en el apéndice II: el Titi del Caquetá (*Callicebus caquetensis*), el Mono volador (*Pithecia milleri*), el Mono aullador (*Alouata seniculus*) y el Mico maicero (*Sapajus apella*), en dicho apéndice figuran las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio.

Por otra parte, el estudio preliminar de la mastofauna de Playa Rica, en Valparaiso, realizado por la Universidad de la Amazonía[299], durante los años 2014 y 2015 en los remanentes de bosque inundable en la Inspección Playa Rica, Valparaiso. La Inspección de Playa Rica alberga 4 especies con alguna categoría de amenaza de orden mundial, correspondiente a la última clasificación de la UICN, 2016, de las cuales *Callicebus caquetensis* conocido como Titi del Caquetá, es una especie endémica de la región y esta críticamente amenazado (CR), el Titi negro, *Lagothrix lugens* y la nutria, *Lontra longicaudis* están en estado de vulnerabilidad (VU). El venado, *Mazama americana* y mono volador, *Pithecia milleri* se encuentran con datos deficientes (DD), sin embargo,

[298] Moynihan, M. (1976). The New World Primates. Princeton University Press, Princeton. 274 pp.
[299] Rivera, A., D. & J. García V. (2015). Estudio preliminar de la mastofauna de Playa Rica, Caquetá: región ganadera amazónica altamente fragmentada. Revista Ingeniería Amazonía, Universidad de la Amazonía, en revisión.

para esta última especie, Marsh, 2014 la incluye dentro de estas especies amenazadas. *Callicebus caquetensis* y *Saguinus nigricollis hernandezi* son taxones endémicos de la región.

Además, estos investigadores encontraron estas otras especies de mamíferos: el Armadillo (*Dasypus novemcinctus)*, el Oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla)*, Ulama (*Eira barbara)*, Cusumbo (*Nasua nasua)*, Perro de monte (*Potos flavus)*, Mico maicero o cariblanco (*Cebus albifrons)*, el Tití cabeciblanco (*Saguinus nigricolllis hernandezi)*, Mico de noche (*Aotus vociferans*) , Araguato (*Alouatta seniculus*) , Chichico (*Saimiri sciureus*), Maicero negro (*Sapajus apella*), Guatín (*Dasyprocta fuliginosa)* y la Ardilla (*Sciurus* sp.).

Para mayores detalles de la ecología y biología de la especie *Callicebus caquetensis*, se cuenta ya con el Plan de conservación en el que se describe su situación actual y las estrategias para su conservación[300].

[300] Defler T. R., J. García V., L. Almario, A. Acero, M. L. Bueno, P. Bloor, M. Hoyos, S.Arciniegas & C. Ibañez. (2015). Plan de conservación de Callicebus caquetensis. Colombia 2016. ed:Editorial Universidad Nacional De Colombia. 45 p.

4. COMPONENTE SOCIOCULTURAL

En el marco de la "Evaluación geoambiental e hídrica del proyecto de perforación exploratoria del bloque petrolero El Nogal en los municipios Morelia y Valparaíso – Caquetá, para la defensa del agua y el territorio" consideramos fundamental entender los procesos territoriales asociados a la resistencia de las comunidades frente a las actividades de exploración y posible explotación de hidrocarburos así como contrastar la información presentada en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) por parte de la empresa de consultoría C&MA.

En las diferentes secciones de este capítulo se podrá encontrar un panorama socioeconómico de la zona rural de los municipios de Morelia y Valparaíso, y una breve reseña del municipio de Milán. Se hará un análisis de aspectos históricos de la región, los procesos organizativos de los habitantes, la precariedad institucional y la falta de presencia del Estado, efectos y consecuencias del conflicto armado, la relación de los habitantes con el territorio, y los medios de producción y aspectos económicos. Los aspectos relacionados con la actividad petrolera y sus efectos en las comunidades se tratarán en el capítulo siguiente.

Este territorio ha estado marcado por altos índices de violencia a través de su historia, y ha sido siempre un punto clave en el conflicto armado colombiano. En general, la gran mayoría de las personas entrevistadas ha tenido que vivir el conflicto armado de una u otra forma y han sido víctimas de desplazamiento forzado, algunos en repetidas ocasiones. No es de extrañar que se esmeren en proteger sus tierras, por las que han luchado y que representan todo su capital, no sólo económico, sino cultural y social.

La tierra y el agua son lo que les da la vida y le han apostado todo para defenderlas. Son comunidades que se han sabido organizar y han construido fuertes lazos comunitarios entre veredas. Todas las personas mayores de edad entrevistadas hacen parte de la Junta de Acción Comunal (JAC) de su vereda, ya sea como socios o con alguna labor específica y la Junta es considerada como la principal autoridad y como el mayor respaldo para la comunidad. Dada la precariedad en la presencia del Estado, la Junta es el árbitro en los conflictos, es el espacio de debate, de reunión, de ayuda, de toma de decisiones.

Al revisar de manera detallada el Estudio de Impacto Ambiental, identificamos tres elementos de vital importancia, dadas las afirmaciones que contiene:

1. Que la organización comunitaria era débil. "*En el análisis de las organizaciones sociales encontradas se denota ausencia de líderes o debilidad en los procesos organizativos debido a los temores que tienen de ejercer su liderazgo" (EIA P 331).*

2. Que la categoría violencia y conflicto armado no estuviera identificada como posible impactos ni en la matriz de impactos ni en las medidas de manejo, a pesar de ser una zona históricamente marcada por el conflicto.



MEDIO SOCIOECONÓMICO	Dimensión Demográfica					
	10.1	Estructura de la población	Cambio temporal en la dinámica y estructura poblacional	A - FASE PREOPERATIVA	A.1 Información a la comunidad y autoridades	Moderado
				E - ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL	E.5 Cierre de la gestión social	Imp Positivo : Irrelevante
				F - ACTIVIDADES TRANSVERSALES	F.1 Relacionamiento y gestión con propietarios, autoridades y comunidad	Moderado
					F.2 Contratación y capacitación de personal no calificado y calificado	Moderado
	Dimensión Económica					
	11.1	Procesos productivos y tecnológicos	Variación en el costo de la tierra	A - FASE PREOPERATIVA	A.3 Negociación de predios y servidumbres	Imp Positivo : Irrelevante
				B - OBRAS CIVILES (VÍAS DE	B.4 Construcción de estructuras y obras de drenaje	Irrelevante
				E - ABANDONO Y	E.4 Revegetalización y/o empradización de las áreas	Imp Positivo : Irrelevante
			Oportunidad de empleo y demanda de bienes y servicios	F - ACTIVIDADES TRANSVERSALES	F.2 Contratación y capacitación de personal no calificado y calificado	Imp Positivo : Medio
					F.4 Demanda de servicios terciarios	Imp Positivo : Medio
			Cambio en el nivel de ingresos	A - FASE PREOPERATIVA	A.3 Negociación de predios y servidumbres	Imp Positivo : Bajo
				F - ACTIVIDADES TRANSVERSALES	F.2 Contratación y capacitación de personal no	Imp Positivo : Medio
					F.4 Demanda de servicios terciarios	Imp Positivo : Bajo
	Dimensión Espacial					
	12.1	Servicios públicos / Sociales	Cambio en la oferta/demanda de fuentes de abastecimiento de servicios públicos	B - OBRAS CIVILES (VÍAS DE ACCESO Y LOCACIONES)	B.6 Perforación de pozos de agua subterránea	Moderado
				F - ACTIVIDADES TRANSVERSALES	F.4 Demanda de servicios terciarios	Moderado
					F.3 Movilización de maquinaria, equipos, materiales y	Moderado
					F.5 Captación, transporte y consumo de agua	Moderado
	12.2	Vías y transporte	Cambio en la seguridad vial (aumento	F - ACTIVIDADES	F.3 Movilización de maquinaria, equipos, materiales y	Moderado
			Variación de las condiciones de movilidad vial	F - ACTIVIDADES	F.3 Movilización de maquinaria, equipos, materiales y	Moderado
			Cambio en calidad de infraestructura vial	B - OBRAS CIVILES (VÍAS DE	F.2 Construcción de estructuras y obras de drenajes	Imp Positivo : Bajo
				C - PERFORACIÓN DE POZOS	C.7 Construcción e instalación de líneas de flujo	Imp Positivo : Bajo
				F - ACTIVIDADES	F.3 Movilización de maquinaria, equipos, materiales y	Moderado
	Dimensión Cultural					
	13.1	Estrategias adaptables y culturales	Alteración de las relaciones comunitarias por expectativas y/o conflictos de intereses	A - FASE PREOPERATIVA	A.1 Información a la comunidad y autoridades	Severo
					A.2 Gestión institucional y comunitaria	Moderado
				B - OBRAS CIVILES (VÍAS DE	B.6 Perforación de pozos de agua subterránea	Moderado
				D - PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	D.4 Proceso de reinyección	Moderado
				E - ABANDONO Y	E.5 Cierre de la gestión social	Moderado
				F - ACTIVIDADES TRANSVERSALES	F.1 Relacionamiento y gestión con propietarios,	Moderado
					F.2 Contratación y capacitación de personal no	Moderado
					F.3 Movilización de maquinaria, equipos, materiales y	Moderado
					F.4 Demanda de servicios terciarios	Moderado
					F.5 Captación, transporte y consumo de agua	Moderado
			Alteración en la cotidianidad, tradiciones y costumbres de la población	C - PERFORACIÓN DE POZOS	C.2 Operación del equipo de perforación	Moderado
					C.3 Funcionamiento de generadores y motores	Moderado
				D - PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	D.2 Funcionamiento de la Tea	Moderado
				F - ACTIVIDADES TRANSVERSALES	F.2 Contratación y capacitación de personal no	Moderado
					F.3 Movilización de maquinaria, equipos, materiales y	Moderado
	13.2	Patrimonio arqueológico	Alteración del patrimonio arqueológico.	B - OBRAS CIVILES (VÍAS DE ACCESO Y LOCACIONES)	B.1 Desmonte y descapote	Moderado
					B.2 Movimiento de tierras (Excavaciones, cortes, rellenos)	Moderado
					B.4 Construcción de estructuras y obras de drenajes en la plataforma y vía	Moderado
	Dimensión Político					
	14.1	Presencia institucional y organización comunitaria	Fortalecimiento de las organizaciones comunitarias	A - FASE PREOPERATIVA	A.1 Información a la comunidad y autoridades	Imp Positivo : Bajo
					A.2 Gestión institucional y comunitaria	Imp Positivo : Bajo
				F - ACTIVIDADES TRANSVERSALES	F.1 Relacionamiento y gestión con propietarios,	Imp Positivo : Bajo
					F.2 Contratación y capacitación de personal no	Imp Positivo : Bajo
					F.4 Demanda de servicios terciarios	Imp Positivo : Irrelevante
	Tendencias de desarrollo					
	15.1	Proyectos de desarrollo	Variación en ejecución de proyectos de desarrollo impulsados por el sector oficial o privado	A - FASE PREOPERATIVA	A.1 Información a la comunidad y autoridades	Imp Positivo : Irrelevante
					A.2 Gestión institucional y comunitaria	Imp Positivo : Bajo
				B - OBRAS CIVILES (VÍAS DE	B.4 Construcción de estructuras y obras de drenajes	Imp Positivo : Bajo
				F - ACTIVIDADES	F.1 Relacionamiento y gestión con propietarios,	Imp Positivo : Bajo

FUENTE: MATRIZ DE IMPACTOS, EMERALD ENERGY, 2017.

3. Lo que C&MA considera las ambigüedades frente a los temas ambientales por parte de la comunidad: se daban procesos de deforestación pero había una oposición de la mayoría de las comunidades frente a las actividades petroleras.

> *"El uso y manejo del entorno que da el campesinado de la región está basado en el aprovechamiento de recursos naturales necesarios para la supervivencia humana y sus prácticas económicas. Existe una solidaridad interna por el aprovechamiento de esos recursos, pero hay una conciencia débil sobre los impactos que sus propias actividades generan sobre el ambiente. Es así como existe una "comunidad imaginada" alrededor de la protección de recursos naturales de actividades económicas extractivas que genera oposición al proyecto. Esto implica que hay significados muy diferentes entre el aprovechamiento que los campesinos hacen de sus recursos naturales, del que puedan hacer otros actores ajenos a su configuración histórica regional y personal." (EIA 334)*

4.1 1.1 Metodología

Para obtener información primaria que nos permitiera contrastar la información mencionada anteriormente y a la vez tener cierta comprensión de los procesos sociales y comunitarios se diseñó una ruta metodológica en la que primero se desarrolló un taller participativo, en el que los líderes comunitarios hicieron una caracterización general e identificaron procesos comunitarios, personas y situaciones que debían investigarse más a fondo para tener el panorama de la situación y luego se desarrollaron una serie de entrevistas a personas de la comunidad, con el objetivo de entender lo que había pasado durante el desarrollo del EIA, conocer su percepción sobre:

a. Relación con el territorio.

b. Organización económica familiar

c. Asociatividad y participación

d. Violencia y conflicto

e. Afectaciones directas de la actividad petrolera.

Con esta ruta se abordó el trabajo de campo, siendo evidente la buena disposición de la gente, la importancia de los procesos organizativos, las múltiples afectaciones por la violencia vivida que hacen que la mayoría de los habitantes de esta zona sean víctimas pero a pesar de eso luchen por sus derechos. Durante la visita de campo se visitaron las veredas Bolivia y Rochela Baja del municipio de Morelia, donde se pudo entrevistar también familias de la vereda La Cándido. Allí se entrevistaron 13 personas. En el municipio de Valparaíso se visitaron las veredas La Curvinata, La Florida y La Reforma. En estas tres veredas se entrevistaron 15 personas. Por razones de logística no fue posible visitar el área del municipio de Milán que hace parte del APE.

Las personas entrevistadas son campesinas y campesinos de diversas edades, jóvenes, adultos y adultos mayores. Las unidades familiares varían en algunos casos, pero en general en una misma finca, donde se han construido casas y agregado hectáreas con el tiempo y conviven diferentes generaciones de una familia. La mayoría de las familias se dedican a la ganadería, venden leche y en algunos casos cacao. Las fincas cuentan con cultivos de pancoger principalmente de yuca y plátano. En estas veredas el único servicio público al que los habitantes tienen acceso es energía eléctrica, por lo cual cocinan con leña y el agua es abastecida por aljibes que se han construido en las fincas. Las condiciones de vida en términos de acceso a bienes y servicios son precarias, con pocas oportunidades en educación y acceso a servicios salud, y con escasos recursos económicos.

4.2 Historia reciente.

A mediados del siglo XX, debido al período conocido como La Violencia, comienza un gran movimiento poblacional hacia la zona del Caquetá. En su mayoría éste desplazamiento masivo estaba compuesto por campesinos huyendo de la violencia política en Huila y Tolima[301]. En el Diagnóstico rural participativo se desarrolló un ejercicio de línea de tiempo, en la cual los miembros más antiguos de la comunidad coincidieron en que entre 1949 y principios de la década de 1950 llegaron las primeras familias a la zona.

[301] PNUD (2014). *Caquetá. Análisis de conflictividades y construcción de paz.* Pág. 6

Estas familias de colonos estaban huyendo de la violencia, de diferentes zonas del país. Inicialmente, la subsistencia familiar se basaba en cultivar arroz, yuca, maíz, plátano, así como en la pesca y la producción de madera[302].

Desde el comienzo se empezaron a conformar las primeras Juntas de Acción Comunal. Los participantes provenientes de las veredas de Alameda, Santa Rosa, San Marcos, Bocana Agua Caliente y Bruselas, plantearon que entre 1960 y 1970 empezó a llegar más gente a colonizar, con la intensificación de la violencia en el resto del país. En esta década, el piedemonte amazónico recibió una gran ola de colonización debido a un proceso dirigido por el Estado:

> *En el piedemonte caqueteño, el Estado ejecutó su política de colonización a través de la Caja Agraria y los proyectos Caquetá 1 y Caquetá 2, que fueron implementados por el INCORA. Los dos proyectos lograron que un número considerable de hombres y mujeres campesinas, que en sus regiones de origen eran minifundistas, jornaleros y peones, obtuvieran propiedades y consiguieran hacer el tránsito de un sistema agrícola de subsistencia a la actividad ganadera. Pero no lograron la superación de las tensiones sociales y políticas derivadas del problema agrario que el Estado buscaba solucionar a nivel nacional con la colonización. Esto, ya que la colonización dirigida incentivó la colonización espontánea, la cual terminó por rebasar la capacidad del Estado de regularla, y también desplazó el ciclo migratorio: ya no hacia el piedemonte sino hacia la llanura amazónica en los cursos medios y de los ríos Guayas, Caguán, Orteguaza y Caquetá.*

La apuesta por la producción ganadera y el consecuente deterioro del medio ambiente en departamento del Caquetá obedece a los desplazamientos de los que fueron víctimas los pequeños campesinos y a los programas auspiciados por políticas de Estado que durante el siglo XX no consideraron que estos territorios fueran de protección ambiental, sino que eran territorios vacíos en donde los más pobres podían encontrar espacios para iniciar actividades ganaderas, actividad económica que sigue siendo predominante en la zona, usando su fuerza de trabajo.

Alrededor de 1975, la comunidad recuerda que inicia la primera bonanza de la coca, y hacia 1980 llega el M-19. Según lo expresado por los participantes, en esta época se vivió una fuerte persecución al campesinado, y muchos enfrentamientos entre el M-19 y el ejército. Fueron también asesinados algunos líderes de la zona, según la comunidad[303]. Situaciones que coincidieron con el aumento del auge cocalero en la zona del Caguán, el cual marcó profundamente la dinámica social y poblacional.

Cuando entraron las FARC se desató la llamada Guerra del Caquetá donde se llevaron a cabo enfrentamientos, tomas guerrilleras, ofensivas militares del Estado y ataques por parte de ambas guerrillas[304]. Durante el ejercicio de Línea de Tiempo la comunidad también manifestó que las FARC ejercieron control territorial por medio de la fuerza y

[302] Taller de cartografía social. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. Agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur.
[303] Taller de cartografía social, Diagnóstico Rural Participativo. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. Agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur. .
[304] PNUD. (2014). *Caquetá. Análisis de conflictividades y construcción de paz*. Pág. 8

cumplían la función de Estado, mientras el Estado colombiano no hacía presencia más allá de las incursiones militares. El grupo de participantes de Bruselas, La Cándido, Bolivia y la Reforma, hicieron énfasis en el período entre 1986 y 1987, durante el cual el ejército empezó a ocupar el territorio[305] y fracasaron las negociaciones de paz entre las FARC y el gobierno de Belisario Betancur[306]. Cabe resaltar aquí que Caquetá sufrió también el genocidio de la Unión Patriótica: entre 1984 y 1997 hay registrados 35 asesinatos y 3 masacres en contra de miembros y simpatizantes del movimiento en el departamento[307].

Durante el ejercicio, los participantes resaltaron la importancia de las marchas cocaleras, que tuvieron lugar en 1996. Según el informe *Caquetá: Conflicto y Memoria*, en estas marchas "*los campesinos se opusieron a la designación de sus tierras como zonas especiales de orden público y a las fumigaciones de las plantaciones de coca*"[308]. Sin embargo, según planteó la comunidad durante la Línea de Tiempo, las marchas fueron auspiciadas por las FARC, y a mucha gente la obligaron a marchar.

La comunidad recuerda que alrededor de 1997 y 1998 empezaron a llegar los paramilitares principalmente al sur de la región, aunque las FARC seguían haciendo presencia hacia la cordillera y por el río Pescado. La incursión de este nuevo grupo armado implicó una fuerte lucha entre ambos grupos por el control territorial, y amenazas constantes por parte de los paramilitares a la comunidad a quienes acusaban de ser guerrilleros[309]. Con la incursión paramilitar, que se fue evidenciando desde la creación de la Zona de Distensión, y se fortaleció hacia 2003, se generó otra ola de violencia y disrupción del tejido social. "*En el sur de Caquetá, el epicentro de los grupos paramilitares se localizaba en el municipio de Morelia: las actividades de estos grupos se intensificaron a partir de finales del 2002 para construir un corredor de seguridad sobre el río Orteguaza-Alto Caquetá y controlar también la interconexión entre el Bajo y Medio Caguán*"[310].

En el año 2000 la comunidad coincide en que inició una de las etapas más violentas del paramilitarismo en la zona, muchas familias fueron desplazadas y veredas como La Paujila, La Florida y La Curvinata fueron las más afectadas. En este momento, según los participantes del taller, las FARC entraron a la vereda Bocana Agua Caliente y asesinaron a 9 personas. Recuerdan esta época, hasta el 2006, como un tiempo donde reinó el terror y la miseria, ya que muchas personas tuvieron que abandonar sus fincas y la presencia del Estado era inexistente[311].

---

[305] Taller de cartografía social, Diagnóstico Rural Participativo. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. Agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur.
[306] Centro Nacional de Memoria Histórica. (2013). *Caquetá: Conflicto y Memoria*. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá. Pág: 9
[307] Romero Ospina, Roberto. (2012). *Unión Patriótica. Expediente contra el olvido.* Centro de Memoria, Paz y Reconciliación. Bogotá. Págs. 134 y 136.
[308] Centro Nacional de Memoria Histórica. (2013). *Caquetá: Conflicto y Memoria*. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá. Pág: 8.
[309] Taller de cartografía social, Diagnóstico Rural Participativo. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. Agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur.
[310] PNUD. (2014). *Caquetá. Análisis de conflictividades y construcción de paz*. Pág.25. Citando a: Vargas, 2003
[311] Taller de cartografía social, Diagnóstico Rural Participativo. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. Agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur.

Alrededor de 2005 empiezan programas del gobierno encaminados a sustituir y eliminar los cultivos de coca en la región, como lo fue el programa de familias guardabosques, del cual hicieron parte muchas familias de la zona. Sin embargo, la comunidad manifestó que estos programas nunca han sido viables ya que los proyectos no tienen continuidad. Por ejemplo, comentaban algunas personas que por alguna iniciativa les entregaban ciertos implementos pero no había seguimiento y muchas veces no había capacitación, pero que las entidades cumplían con el protocolo de entregar insumos, dinero, etc. y no volvían.

Posteriormente en 2006 culminó el proceso de desmovilización de los grupos paramilitares y algunas familias retornaron, para volver a empezar de nuevo. Otras, cuentan los participantes, nunca regresaron. En ese momento se seguían viendo personas armadas en la región, y según los participantes, seguía habiendo extorsiones por parte de delincuencia común o grupos no identificados (que luego se llamarían Bacrim). Sin embargo, se vuelve a fortalecer la ganadería y la agricultura, aunque esta última se da especialmente para el consumo propio[312].

Según lo planteó la comunidad, entre 2007 y 2012 inicia el auge del petróleo en el departamento, y con éste la resistencia y organización de la comunidad en contra de la exploración petrolera.

4.3 Organización

"En la Junta la gente se mantiene unida"
- Campesina, socia de la JAC de su vereda

Diferentes entidades que han estudiado las dinámicas de este departamento reconocen la capacidad organizativa de sus comunidades, por ejemplo, en el ya citado informe de PNUD se establece que "el departamento, y particularmente en la zonas rurales, han sido escenario de una intensa actividad en cuanto a la movilización social se refiere" [313]. Esta movilización social ha sido consecuencia de diferentes situaciones por las que ha pasado el departamento, como las diversas etapas del conflicto armado, auges cocaleros, inconformidad con el Estado, y recientemente la exploración petrolera. En cuanto a la resistencia contra la actividad petrolera, la comunidad ha tenido que acudir a vías de hecho ya que argumentan que no han sido escuchados por el gobierno ni por autoridades ambientales.

Según se pudo constatar durante el trabajo de campo, la comunidad rural de Morelia y Valparaíso ha conformado procesos de organización comunitaria muy fuertes. Como se puede ver en el capítulo anterior, los participantes del DRP comentaron que desde que llegaron los primeros colonos a la zona, se empezaron a organizar las primeras Juntas de Acción Comunal. En concordancia con esto, la comunidad, tanto jóvenes como adultos y adultos mayores, de cada vereda, hacen parte de la JAC local, ya sea como socios o con papeles más protagónicos. Vale la pena resaltar la existencia de los comités conciliadores en las JAC, un espacio que la comunidad misma maneja para solucionar conflictos y riñas entre ellos mismos. Varias de las personas que fueron entrevistadas para este proyecto hacían parte de dichos comités y resaltan su importante papel en la convivencia comunitaria. Como lo planteó un campesino líder de la vereda la Reforma (Valparaíso),

[312] Ibid.
[313] PNUD. (2014). *Caquetá. Análisis de conflictividades y construcción de paz*. Pág. 72

ellos se sienten muy orgullosos de su labor porque *"Eso sí, somos líderes que respaldan a la comunidad"*[314].

Un campesino de 55 años, quien es muy activo en su comunidad y es el secretario de la Junta de Acción Comunal de su vereda, habló sobre los beneficios de hacer parte de la JAC: "El beneficio es máximo porque una comunidad sin estar organizada pues no es nada. Siempre que uno necesite recursos para la vereda tiene que ser por medio de la Junta, entonces si no tenemos junta constituida pues no hay nada, no tenemos forma de reclamar"[315]. También muchas personas jóvenes se están interesando por hacer parte de las JAC, como lo resaltó una campesina de 24 años, quien comentó que la mayoría de los integrantes de la Junta en su vereda son personas jóvenes interesadas en crear cambios en su comunidad[316]. Ella tiene un cargo importante en la Junta de su vereda, y uno de los logros y beneficios que resalta es que en 2016 algunos integrantes de esta Junta viajaron a Florencia a capacitarse en *"cómo llevar los libros, cómo debe estar conformada y los derechos y deberes*" y esto ha ayudado a que hagan realmente una diferencia en su comunidad.

Así mismo, muchos campesinos están conformando asociaciones entre ellos, con familias que se dedican a las mismas actividades económicas y con la intención de fortalecer vínculos y lograr organizar fondos comunes de ahorro. Por ejemplo, un campesino de 68 años de Valparaíso cuenta de una asociación de las zonas rurales y urbanas de Valparaíso en la que "entre los mismos usuarios nos préstamos y ahorramos. Tiene como unos 16 socios"[317]. Similarmente, un campesino de la vereda Curvinata manifestó que hace 3 meses con algunos vecinos conformaron una asociación llamada Asogracur, y tienen alrededor de 19 miembros y comenta que "la conformamos los maridos y las mujeres para ver si tenemos un capital ahí, ahorrado. Y la propuesta fue que cada uno aportara una novilla" y están tratando de organizar alianzas y hacer parte de programas con la alcaldía para recibir apoyos e insumos[318].

Estas alianzas y asociaciones entre vecinos y miembros de la comunidad además de ser fundamentales para la subsistencia y el futuro de las familias, son también muy positivas en cuanto a relaciones comunitarias. Con la llegada del proyecto de exploración petrolera Nogal, las personas percibieron rupturas en los lazos y en las relaciones dentro de sus veredas y con las veredas aledañas. Esto debido que se fue gestando una profunda división entre quienes se oponían a la exploración y quienes sí estaban de acuerdo. Vale la pena aquí mencionar que durante los encuentros con la comunidad durante la visita de campo, ellos plantearon que las divisiones fueron aprovechadas y fomentadas por la empresa consultora encargada del proceso de socialización del proyecto. No obstante, poco a poco, los mismos habitantes fueron tratando de recomponer el tejido social, y mejorando las relaciones entre vecinos.

Las asociaciones nuevas que se han conformado dan testimonio de estos esfuerzos y de cómo se está fortaleciendo aún más la comunidad. El caso de la vereda Curvinata es un buen ejemplo, ya que la mayoría de familias allí en un momento apoyaron la entrada en

[314] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda la Reforma, Valparaíso, Caquetá
[315] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda la Reforma, Valparaíso, Caquetá
[316] ENTREVISTA. 5 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá
[317] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá
[318] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda Curvinata, Valparaíso, Caquetá

Emerald Energy. El campesino de esta vereda citado anteriormente fue uno de los que se opuso siempre al proyecto Nogal, por lo cual él y su familia se sentían aislados de la comunidad. Sin embargo, poco a poco la situación ha cambiado y cuenta que hay más gente que se está preocupando por el medio ambiente y ha recapacitado, y las relaciones han mejorado a tal punto que lo invitaron a hacer parte de la asociación mencionada. *"Yo era el dedo malo siempre*", cuenta, y que luego se vuelvan a saludar, y posteriormente lo llamen a ser parte de la asociación, es algo muy positivo[319].

Desde que se empezó a conocer sobre actividad petrolera en la zona, las organizaciones comunitarias se han fortalecido cada vez más, y las personas se han ido involucrando en los procesos de resistencia. Por ejemplo, en 2012 se conformó la Mesa por la Defensa del Agua y del Territorio la cual es promovida por la Vicaría del Sur, se articula con las Juntas de Acción[320] Comunal y cuenta con la colaboración de docentes de la Universidad de la Amazonía. Las veredas se organizan por núcleos veredales, de cierto número de veredas, para algunos asuntos comunitarios. Cuando se han tenido que organizar por algún proceso de resistencia, se hacen reuniones por núcleo. En el caso de la resistencia contra la actividad petrolera, las JAC se han reunido y organizado por los núcleos veredales para así tener mayor fuerza.

En general, la comunidad confía mucho en la JAC de su vereda, y sienten que es la máxima autoridad, un ente que los respalda. La fortaleza de los procesos organizativos autónomos en estos territorios tiene mucho que ver con la percepción que tienen los habitantes del Estado. *"El gobierno tiene muy abandonado el campo, aquí se le olvidó hasta la educación, la salud*", plantea una campesina de 38 años que trabaja con su esposo en una finca de Rochela Baja[321]. Este tema se tratará con más detalle en el próximo capítulo.

4.4 Precariedad de la institucionalidad

Los tres municipios que hacen parte del área de influencia del proyecto Nogal son municipios cuyas comunidades rurales se encuentran en complejas condiciones, donde la presencia de la institucionalidad y del Estado, son precarias. Algunos indicadores demuestran el nivel de vida que llevan los habitantes en las zonas rurales y urbanas de estos municipios, información que es complementada con lo que se pudo evidenciar en la visita de campo, y con testimonios de las personas que participaron en el DRP.

En términos generales, no hay servicio de acueducto en ninguna de las áreas rurales visitadas, y tampoco hay acceso a gas natural. El único servicio público que llega es la energía eléctrica. El agua para el consumo, para la cocina y para la finca la toman de los nacederos. Algunas viviendas cuentan con electrobomba, otras sólo con aljibe. Todas las familias visitadas y entrevistadas cocinan con leña, y esto además de dispendioso, es peligroso para la salud de quienes cocinan, que en la mayoría de hogares son las mujeres.

[319] Ibid.
[320] ACTA DE REUNIÓN. Asistentes: ANH, Minminas, autoridades locales, representantes de organizaciones comunitarias. 20 de Agosto de 2016. Florencia, Caquetá
[321] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Rochela Baja, Morelia, Caquetá.

Por otro lado, no hay sistema de recolección de basuras en ninguna de las áreas rurales visitadas. La mayoría de las fincas cuentan con un hoyo donde se depositan los residuos sólidos.

La mayoría de las personas que participaron en el DRP, tanto de Morelia como de Valparaíso, manifestaron falta de vías en buenas condiciones, falta de vivienda digna, necesidad de alcantarillado y sistema de riegos. Así mismo, manifestaron que no hay escuelas suficientes y las que hay necesitan mantenimiento, y no hay estabilidad en la docencia ya que en ocasiones las escuelas se quedan sin profesores. Adicionalmente comentaron que no hay zonas de recreación aptas para la comunidad en general[322].

4.4.1 Municipio de Milán

Durante la visita de campo no se visitó el municipio de Milán, sin embargo se presentan datos e indicadores oficiales. Según las fichas de caracterización territorial del Departamento Nacional de Planeación (DNP), para enero del presente año había 9.357 personas registradas en SISBEN en el municipio de Milán[323]. Así mismo, para 2015 había 2.472 personas en el programa Red Unidos[324].

En la siguiente gráfica se pueden ver las cifras de potenciales beneficiarios de programas sociales en el municipio de Milán, tanto de casco urbano como de área rural.

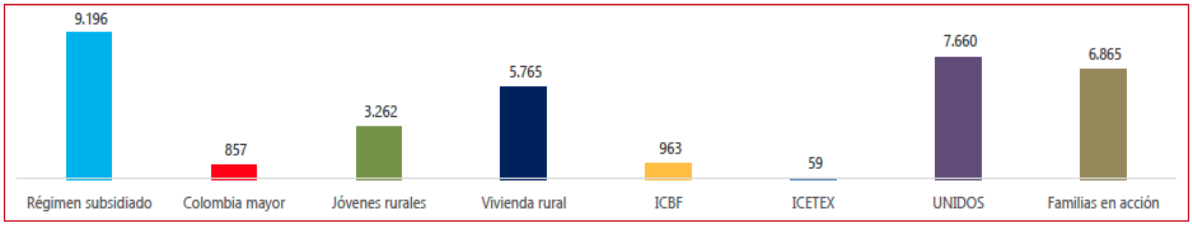


FIGURA 143. POTENCIALES BENEFICIARIOS DE PROGRAMAS SOCIALES MILÁN
TOMADO DE DNP, 2017

Como se puede ver aquí, el número de potenciales beneficiarios de Red Unidos es mucho mayor al número de personas que se encuentran registrados. Así mismo, el número de personas que podrían hacer parte de programas rurales es bastante alto.

4.4.2 Municipio de Morelia

Durante la visita de campo se pudo constatar que el acceso a la salud es bastante precaria para la población rural del municipio de Morelia. Según la entrevista con la promotora de salud de Bolivia, éste puesto de salud es el único para las veredas Fuente Hermosa, Bruselas, Cándido, Liberia, Bolivia, Rochela Baja, y Paraíso. Aquí no hay médico, y la promotora de salud es auxiliar de enfermería. En el centro se hacen los

322 Taller de cartografía social, Diagnóstico Rural Participativo. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. Agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur.
323 DNP. 2017. *Fichas de caracterización territorial.* [Consultado 12 de septiembre de 2017]. Disponible en:https://ddtspr.dnp.gov.co/fit/#/fichas
324La Red Unidos "es la estrategia del Estado Colombiano para dar una respuesta integral a la multidimensionalidad de la pobreza extrema, en la que participan las entidades del sector público que cuentan con oferta social, entre las que se encuentra el Ministerio de Salud y Protección Social". MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. *Protección Social. Red Unidos*. [Consultado 12 de septiembre de 2017]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/red-unidos.aspx

controles de crecimiento de los niños, vacunaciones, planificación familiar y se tratan casos leves.

> *El mayor problema de esta región es el agua. El agua está causando vaginitis, está causando un brote en la piel, diarrea. Niños pequeños de 0 a 5 años mantienen enfermos por la cuestión del agua, y parasitismo. Cada 6 meses tengo que estar desparasitando los niños de la escuela, y es que el agua no es apta para el consumo humano*[325].

Esto que comenta la promotora de salud sucede porque no hay buen mantenimiento de las moyas en los hogares, y son muy pocas las personas que hierven el agua que recogen antes de usarla para su consumo.

En el área urbana y rural de Morelia, para enero del presente año 4.447 personas se encontraban registradas en SISBEN[326]. Y para 2015, figuraban 1.143 personas en el programa Red Unidos.

En la siguiente gráfica se pueden ver las cifras de potenciales beneficiarios de programas sociales en el municipio de Morelia, tanto de casco urbano como de área rural.

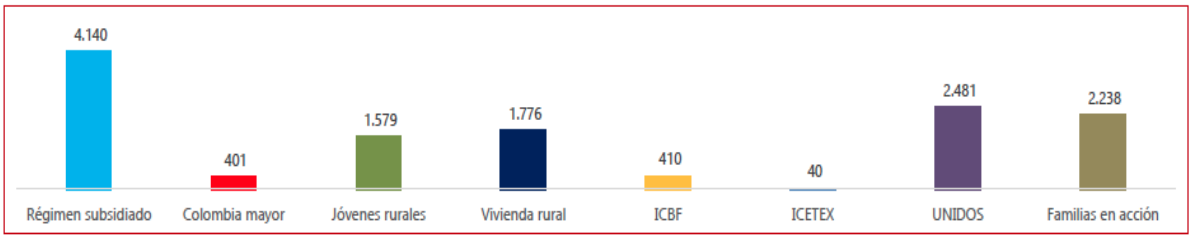


FIGURA 144. POTENCIALES BENEFICIARIOS DE PROGRAMAS SOCIALES MORELIA
TOMADO DE DNP, 2017

Aunque las cifras no son tan contrastantes como en Milán, el número de potenciales beneficiarios de la Red Unidos es mayor al número de registros. De igual manera, las cifras de potenciales beneficiarios en proyectos rurales son bastante alto. A partir de conversaciones en la visita de campo, esta brecha puede ser consecuencia de la falta de conocimiento que tienen las personas sobre los programas del gobierno. La población se siente abandonada por el Estado y esto es un ejemplo de cómo las iniciativas no llegan al grueso de la población que deberían beneficiar.

En la vereda Bolivia se pudo visitar la escuela, a la que asisten niños y niñas de ésta y otras veredas. Es amplia y está en mejores condiciones que la escuela que se visitó en el área rural de Valparaíso. Sin embargo, hay bastantes problemas con el agua que se utiliza allí para cocinar y en los baños, que es la misma que los estudiantes beben. Según la promotora de salud, tampoco hay controles de la limpieza del agua en la escuela[327].

4.4.3 Municipio de Valparaíso

No hay puesto de salud en las veredas, sino por núcleo veredal. En cada puesto de salud hay una promotora de salud, encargada de atender los casos que no son de urgencias y

[325] ENTREVISTA. 5 de Agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá
[326] DNP. 2017. *Fichas de caracterización territorial.* [Consultado 12 de septiembre de 2017]. Disponible en:https://ddtspr.dnp.gov.co/fit/#/fichas
[327] ENTREVISTA. 5 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Caquetá

de llamar a la ambulancia cuando sí lo son. Para enero de este año, 7.795 personas se encontraban registradas en SISBEN, incluyendo área urbana y rural. Y para el año 2015 en Valparaíso había 3.348 personas registradas en el programa Red Unidos[328].

En la siguiente gráfica se pueden ver las cifras de potenciales beneficiarios de programas sociales en el municipio de Valparaíso, tanto de casco urbano como de área rural.

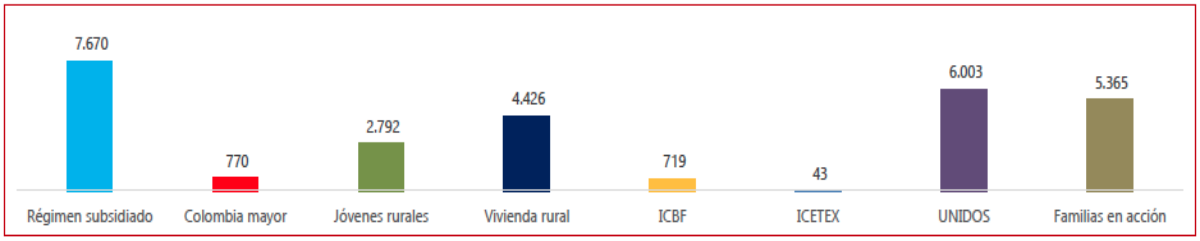


FIGURA 145. POTENCIALES BENEFICIARIOS DE PROGRAMAS SOCIALES VALPARAÍSO
TOMADO DE DNP, 2017

Como en los otros dos municipios, el número de potenciales beneficiarios de Red Unidos es mucho mayor al número de personas que se encuentran registrados. Los programas de Jóvenes rurales y de Vivienda Rural cuentan con un alto número de potenciales beneficiarios. Pero por lo que se pudo evidenciar en campo, la mayoría de los jóvenes en Valparaíso quieren migrar a la ciudad y consideran que no hay suficientes oportunidades para ellos en el campo.

En cuanto a acceso a educación, la única escuela de la vereda la Reforma se encuentra indefinidamente cerrada. La escuela cuenta con un solo salón, dos baños a los cuales se les debe echar agua de balde para que descarguen, y un patio a la entrada que también hace las veces de cafetería. A esta escuela asistían 9 niños y niñas pero no está en funcionamiento ya que la profesora estaba incapacitada y no le han encontrado reemplazo. Algunos de los niños deben ir a la escuela de la Florida o a la de Curvinata[329].

La falta de oferta institucional de los sectores de educación y salud son críticos y atentan contra los derechos fundamentales de niños, niñas y adolescentes. La falta de educación es una de las causas estructurales de la reproducción de la pobreza porque el mínimo acceso educativo conlleva mano de obra no calificada y la imposibilidad de acceder a fuentes de empleo dignas. En Colombia es además una de las causas asociadas a la inserción en grupos armados. Estas condiciones de abandono favorecen la expulsión de los jóvenes, quienes no ven condiciones de vida aceptables y prefieren migrar a las ciudades, donde si bien hay mayor oferta de bienes y servicios por parte del Estado, muy pocas veces logran superar la pobreza.

4.4.4 Percepciones sobre el Estado

Partiendo de la realidad en la que viven estas comunidades, sus percepciones frente al gobierno nacional y los gobiernos locales son en gran medida negativas. Algunos campesinos comentaron no saber quién es el alcalde de su municipio, y dicen saber poco sobre el gobernador del departamento. Otros, sin embargo, tratan de mantenerse lo más informados posible y fueron bastante críticos de las administraciones. En todo caso, el

[328] DNP. 2017. *Fichas de caracterización territorial.* [Consultado 12 de septiembre de 2017]. Disponible en:https://ddtspr.dnp.gov.co/fit/#/fichas
[329] Taller de cartografía social, Diagnóstico Rural Participativo. Miembros de las comunidades rurales de Morelia y Valparaíso. Agosto 3 de 2017. Morelia, Vicaría del Sur.

acceso a la información es muy limitado, y durante la visita de campo se pudo ver la ausencia del Estado en las veredas.

Al preguntársele si confía en el gobierno nacional, una campesina respondió: "En el gobierno no confío porque ahí es donde está la corrupción más grande, no ayudan con nada, lo que tenemos es porque lo hemos sudado para conseguirlo"[330]. En cuanto a la alcaldía de Morelia, ella y varias personas de su comunidad respondieron que sentían que el alcalde no parece tener mucha autoridad y se encuentra muy ausente.

Un campesino manifestó su inconformidad con el actual alcalde de Valparaíso porque "dice que no puede hacer nada (frente a los proyectos petroleros) que porque eso es una orden nacional, pero ni se pronuncia a favor ni en contra, y sabiendo que hubo atropellos de la fuerza pública, al menos él como alcalde debió haber dicho algo"[331]. Por su parte, una campesina de esta misma vereda comentó que ella siente que el alcalde está "aliado con ellos, los petroleros", y no confía en el gobierno nacional porque siente que con el proceso de paz se le ofrecieron muchos beneficios a los guerrilleros y a ellos, quienes fueron víctimas, los tienen abandonados[332].

Un joven campesino que vive con su padre de 76 años en la vereda la Florida, manifestó: "Yo no confío en las políticas del gobierno, son para beneficiarse ellos mismo, para beneficiar al pueblo no. Cuándo se ha visto que haya una buena política para el campo? No hay posibilidades de estudiar, por acá no hay oportunidades, para un proyecto, eso no existe. Los jóvenes se van. No hay una política del Estado que favorezca a los campesinos"[333]. Él dice que se quedó con su papá porque le gusta el campo, pero a la mayoría de jóvenes no les gusta y tampoco encuentran oportunidades para quedarse, entonces se fueron a la guerrilla, o al ejército o a la ciudad.

Por otro lado, gran parte de la desconfianza que sienten estas comunidades frente al gobierno nacional se debe también a los hechos ocurridos cuando inició el proceso de resistencia frente a los proyectos petroleros. Los atropellos de la fuerza pública[334] fueron un ejemplo recurrente: "Uno ya no confía ni en el mismo gobierno, ellos cómo lo atropellan a uno"[335], comentó un campesino que fue herido por un soldado en una de las intervenciones del ejército. Así mismo, perciben que su oposición a los proyectos petroleros no ha sido bien atendida por el gobierno, y "de una vez mandaron al ESMAD, al ejército, policía"[336] cuando trataron de impedir la entrada de Emerald Energy y de Petroseismic. "No confiamos en el gobierno porque nos enviaron a los petroleros"[337], planteó una campesina de la vereda La Cándido.

4.5 Conflicto armado

La historia del departamento de Caquetá siempre ha estado permeada por el conflicto armado del país, y las historias de sus habitantes así lo demuestran. Particularmente, la población rural de Valparaíso y Morelia, en su mayoría población víctima de

[330] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Rochela Baja, Morelia, Caquetá.
[331] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda la Reforma, Valparaíso, Caquetá
[332] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda la Reforma, Valparaíso, Caquetá
[333] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá
[334] Éste tema se tratará a fondo en el capítulo 5.
[335] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá
[336] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Rochela Baja, Morelia, Caquetá
[337] Ibid.

desplazamiento forzado y de otros hechos victimizantes en el marco del conflicto armado, perpetrados tanto por paramilitares como por guerrilla.

Entre 2001 y 2002 "Caquetá fue el quinto mayor departamento expulsor de población del país: fueron desplazadas 103.433 personas que abandonaron 416.288 hectáreas"[338].De acuerdo al Registro Único de Víctimas de la UARIV hay 307.176 víctimas registradas de desplazamiento forzado hasta el 1 de agosto de 2017, que reportaron que el hecho sucedió en Caquetá. De estos, 3.247 reportaron que el hecho se dio en Morelia, 15.990 en Milán, y 16.459 en Valparaíso[339].

Un joven campesino de 22 años de Morelia, cuenta desde la entrada de su casa y señalando hacia lo lejos que de sus vecinos "*muchos se fueron, demasiados, harta gente se fue de acá de esta vereda y de toda esta zona y todo está solo porque decían que cuando los paramilitares se fueran, cuando ellos se desmovilizaron, que la guerrilla iba a venir y acabar con todo el mundo*"[340]. Una joven de Bolivia comentó que en 2006 los paramilitares amenazaron a su familia y tuvieron que irse de la finca donde estaban trabajando, y aunque era muy pequeña, recuerda que llegaron unos hombres a su casa y le dijeron a su papá que tenían que irse y a ella la mandaron a estudiar al Huila. Ella y su familia son del Huila y llegaron a Caquetá a trabajar como mayordomos y jornaleros[341]. Un campesino también de Bolivia comenta cómo vivió la incursión paramilitar: *"Eso fue muy duro, hubo mucho muerto, mucho amigo que murió a manos de los paramilitares, fue una época durísima*"[342].

Un campesino de 76 años proveniente de Garzón, Huila, ha vivido gran parte de la historia de violencia en Caquetá puesto que fue uno de los primeros colonos en llegar a Florencia y sus zonas aledañas. Hoy vive en Valparaíso y cuenta cómo ha vivido el conflicto armado:

> *A nosotros nos tocó una cosa pero tremenda...dura...me alcanzaron a matar un hijo, eso como que fue la guerrilla. (...) Desde que un hijo se me fue a pagar servicio y se quedó allá me la montan. Eso cada nada me llamaban: "Saque su hijo y nos lo entrega y los dejamos vivir aquí, y si no lo trae los matamos a todos". A la tercera vez nos tocó dejar todo botado, yo tenía cositas arregladas allá en la Paujila. Dejamos todo botado, eso se perdió. Esto fue en el 2002*[343].

Cuenta que se fueron primero al Huila, luego regresaron a Caquetá hacia Cartagena del Chairá y cuando estaba trabajando en una finca de una vereda tuvo que presenciar un enfrentamiento entre guerrilla y ejército y decidió regresar a la Paujila. Pero allá en su finca, de la que lo sacaron, ahora estaban viviendo unos paramilitares. Y continúa su historia: *"Entonces yo fui y les dije que esa parcelita es mía. 'Era', dijeron ellos. 'Y si*

[338] PNUD. (2014). *Caquetá. Análisis de conflictividades y construcción de paz*. Pág. 35
[339] REGISTRO ÚNICO DE VÍCTIMAS & RED NACIONAL DE INFORMACIÓN. 2017. *Reporte de víctimas por tipo de hecho victimizante*. Disponible en: https://rni.unidadvictimas.gov.co/RUV
[340] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Rochela Baja, Morelia, Caquetá
[341] ENTREVISTA. 5 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá
[342] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá
[343] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá

vuelve por acá lo matamos"[344], entonces finalmente les tocó irse a otra finca y empezar de nuevo.

La familia de un campesino de 68 años llegó al Caquetá cuando él era un niño pequeño, huyendo de la violencia bipartidista en el Huila, como muchas otras familias que llegaron a colonizar estas tierras. Él vive ahora con su familia en Valparaíso, y cuenta cómo los guerrilleros en un tiempo, y los paramilitares en otro, se paseaban por los alrededores de su finca[345].

Aunque los paramilitares se hayan desmovilizado, y las FARC dejaron las armas, la violencia no ha cesado en esta zona del Caquetá. En los últimos años se han reportado hechos violentos y violaciones a los derechos humanos en este territorio. Según el Sistema de Alertas Tempranas de la Defensoría del Pueblo, entre 2010 y 2011 la comunidad de *"Belén de los Andaquíes, Albania, San José de Fragua y Valparaíso, denunciaron varias violaciones a los derechos humanos, cometidas por el grupo paramilitar de las Águilas Negras y los frentes 15 y 49 de las FARC-EP, quienes se disputaban el control territorial y así mismo la hegemonía sobre el negocio de la coca"*[346]. Más recientemente, el 15 de abril de 2016 la Defensoría del Pueblo, desde el Sistema de Alertas Tempranas, envió un oficio a la Alcaldía municipal de Morelia donde se indica que el documento "*se refiere a la "aparición de un grupo armado no identificado que hace presencia en esos sectores con armas largas y cortas, causando temor en la población civil"*[347]. Desde febrero de 2016, cuando fue retirada una base militar en el puente de acceso a Valparaíso, se reportó la frecuente presencia de personas armadas y vistiendo ropas oscuras, y un incremento de actos violentos como atracos a viajeros y un homicidio en marzo[348]. Es más, el informe demuestra preocupación por parte de la entidad por la seguridad y el bienestar de la población, y alerta sobre los riesgos en relación con la actividad petrolera en la zona:

> *La implementación de proyectos de exploración petrolera, por parte de la empresa Emerald Energy en estos dos municipios hace que los actores armados concentren su interés en los excedentes que produce esta actividad, generando riesgos para la población civil que promueve procesos de resistencia frente a la implementación de proyectos de hidrocarburos en los territorios, así como también, contra aquellos que se nieguen a firmar la servidumbre para la intervención en sus fincas.*
> *(...)*
> *En razón de lo anterior y por la gravedad de los hechos y la inminente probabilidad de materialización del riesgo para los habitantes de los municipios de Valparaíso y Morelia, particularmente, el que se cierne sobre los líderes, lideresas y servidores públicos que han denunciado la aparición del grupo armado ilegal no identificado y de aquellos que ejercen procesos de resistencia frente a la implementación de*

[344] ENTREVISTA. 7 de agosto de 2017. Vereda la Florida, Valparaíso, Caquetá
[345] ENTREVISTA. agosto 7 de 2017. Vereda La Florida, Valparaíso, Caquetá
[346] PNUD. (2014). *Caquetá. Análisis de conflictividades y construcción de paz*. Pág. 30
[347] DEFENSORÍA DEL PUEBLO, SAT. Abril de 2016. *Informe de riesgo No. 010-16, de Inminencia, para los municipios Valparaíso (cabecera municipal y veredas Vergel Bajo -La Pava-, La Rico / kilómetro 11 de la via Valparaíso-Solita), y Morelia (vereda Campo Alegre) del departamento Caquetá*. Morelia, Caquetá.
[348] Ibid.

proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos, se prevé la ocurrencia de atentados contra la vida e integridad personal [349] (subrayado fuera de texto)

El citado informe demuestra la urgencia de proteger la población de la zona, y a lo que se están enfrentando las personas que se oponen a la explotación petrolera, y los líderes campesinos de las veredas. Estos reportes no son hechos aislados, durante la visita de campo un habitante de Rochela Baja comentó sobre incidentes que se han presentado en la zona de Morelia y del municipio de Milán:

> *Allá en Milán regaron papeles de un nuevo grupo, ellos se cambiaron de nombre, los que quedaron. Y dicen que no se puede andar después de las 6 de la tarde, no sé si serán de las FARC o serán otros, pero pues ahorita así se haya ido la guerrilla salen muchos grupos armados. Seguro se va a sentir sabiendo que siguen saliendo grupos. Eso me lo dijo un vecino hace como 15 días que salió a Milán y que se encontró volantes y que se hacen llamar guerrilla campesina. De Morelia para acá, salieron unos grupos el 23 de diciembre, se tapaban la cara y robaron, yo no sé si sería guerrilla, hay momentos en que se pone caliente la zona*[350].

Como puede verse en este capítulo, los campesinos de Morelia y Valparaíso han sido testigos de tomas guerrilleras, enfrentamientos entre diferentes grupos armados y el ejército, y han sufrido las oleadas de violencia paramilitar y guerrillera en diferentes momentos de sus vidas. Haber tenido que abandonar sus fincas por amenazas, por miedo, y por la seguridad de sus familias, fue un tema recurrente en las conversaciones con la comunidad durante la visita de campo. Muchas de las familias que se visitaron durante la visita de campo hacen parte del programa Familias en su Tierra, promovido por Prosperidad Social y la Unidad para las Víctimas, pero según los campesinos, ellos recibieron una "remesa" al principio y no han vuelto a recibir ayudas del gobierno[351]. Éstas son familias que por generaciones han sufrido ola tras ola de violencia y despojo, y ahora se enfrentan a la incertidumbre de lo que pueda sucederle a sus fincas y a ellos mismos debido a la exploración petrolera.

4.6 Relación con el territorio (perspectiva socioambiental)

> *"La gente está tomando conciencia cada vez más. Que verdaderamente el agua la necesitamos todos, y sin agua no hay vida"*
> *-Campesino de la Florida, Valparaíso*

El territorio, más allá del espacio geográfico en sí, *"es el escenario de las relaciones sociales y no solamente el marco espacial que delimita el dominio soberano de un Estado*" y "*es una construcción social y nuestro conocimiento del mismo implica el conocimiento del procesos de su producción"*[352]. En este sentido, la relación de los campesinos con éste territorio se debe entender con una perspectiva histórica, teniendo

[349] Ibid.
[350] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Rochela Baja, Morelia, Caquetá
[351] Esta información fue recogida en diferentes conversaciones y comunicaciones durante el trabajo de campo, entre el 3 y el 7 de Agosto de 2017
[352] DELGADO & MONTAÑEZ. 1998. *Espacio, territorio y región: Conceptos básicos para un proyecto regional.* En: Cuadernos de Geografía vol. VII (1-2). Bogotá: Universidad Nacional. Pág: 123.

en cuenta las dinámicas de poblamiento del Caquetá -que se desarrolla en la sección *Historia reciente*.

Esta zona es principalmente selvática, y con las olas de colonización -auspiciadas por el Estado en ocasiones y causadas por picos de violencia en el conflicto armado en otras- se fue modificando el paisaje *tumbando monte*. No obstante el paisaje de hoy, éstas tierras son bastante frágiles y se encuentran sobre explotadas.

Los campesinos de la zona rural de Morelia y Valparaíso viven en condiciones de pobreza, y las tierras donde tienen sus fincas han sido trabajadas, con ganadería extensiva, tala de árboles masiva, y cultivos de coca. Varias familias llevan viviendo en la misma finca o en el mismo predio durante décadas. Viven, por ejemplo, en las fincas de los padres del esposo o de la esposa, y han ido construyendo sus casas dentro del mismo predio familiar y en algunos casos, agregando más hectáreas. Este es un claro ejemplo de la sobre explotación de la tierra en la zona. Como decía un campesino de 56 años de la vereda la Reforma: "Yo nacido y criado aquí donde estoy. En este mismo pedazo de tierra"[353], que ha sido de su familia durante décadas. Sin embargo, la casa en donde vive ahora con su esposa la construyeron juntos recientemente. Su familia, como la gran mayoría de las familias en la zona rural de Valparaíso, fue víctima de desplazamiento forzado. Cuando los paramilitares se desmovilizaron, abandonaron las fincas y con el tiempo las familias fueron regresando a la misma vereda y a la misma finca cuando fue posible.

Aunque gran parte de los habitantes de estas veredas no son oriundos de la zona, ellos desarrollan una relación importante con la tierra que trabajan y que les da el sustento, que les da de comer y de beber. Es "nuestro territorio, nuestro porque vivo aquí y no sé hasta cuándo voy a estar aquí"[354], como explicó la promotora de salud del núcleo veredal de Bolivia, quien es de Belén de los Andaquíes. Un campesino que llegó a la zona rural de Morelia cuando tenía alrededor de 13 años, nació en Ibagué pero se siente caqueteño. Vive en la vereda La Cándido con su familia, y como casi todas las familias de la zona, se dedican principalmente a la ganadería para la producción de leche[355].

Con el paso del tiempo, los campesinos se han ido concientizando del impacto que sus prácticas agrícolas y pecuarias le causan al medio ambiente. Durante la visita de campo, los habitantes más antiguos de las veredas manifestaron cómo fueron testigos y artífices de la deforestación de la zona, y cómo se ha modificado drásticamente el paisaje, arrasando con hábitats de diferentes especies de animales y plantas.

Con esta conciencia ambiental que poco a poco ha ido surgiendo, los campesinos también son conscientes de los efectos que suponen la actividad petrolera u otra actividad extractiva de gran magnitud en su territorio. Como se puede ver a lo largo de este informe, el departamento del Caquetá cuenta con una alta riqueza hídrica y de ésta depende la subsistencia de los habitantes. Al no haber sistema de alcantarillado en ninguna de las veredas de Morelia y Valparaíso, el agua para el consumo propio y para la finca la sacan de moyas y de los múltiples nacederos que hay en las fincas. Por esto, entienden el agua como algo muy preciado. "Una tierra sin agua no tiene vida", argumentó una trabajadora de una finca en Rochela Baja.

[353] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda la Reforma, Valparaíso, Caquetá
[354] ENTREVISTA, 5 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá
[355] ENTREVISTA. 5 de agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá

Como lo dijo una joven de 22 años de Rochela Baja, “el ganado necesita la sombra para la vida y pues nosotros también necesitamos los árboles porque el árbol es el que abona la tierra y purifica el aire”[356]. En la vereda Curvinata (Valparaíso) un campesino de 42 años y su familia comentaron que en su finca “La montaña no la tocamos. Tenemos eso como una reserva ahí. Hay nacederos que no se tocan para nada.”[357] En la vereda Bolivia, un campesino de 55 años proveniente del Huila habla de su finca y cuenta cómo proteger la zona: “Aquí se trata de hacer las cosas de tal manera que el medio ambiente se afecte muy poco. (...) Un pedazo que era potrero lo deje que se convirtiera en montaña los nacimientos y quebradas se tratan de cuidar”[358].

Así, muchos campesinos han sembrado árboles en sus fincas, y tienen partes de selva y bosque nativo que no tocan. Son conscientes de que podrían cambiar y mejorar sus prácticas ya sea con el ganado o en sus labores agrícolas, pero argumentan que no tienen los recursos, y si los tuvieran podrían aportar mucho en conservación y mejoramiento del medio ambiente. Además, consideran que si pudieran tecnificar la ganadería cada vez más, esto también ayudaría a reducir el impacto, y están dispuestos a hacerlo si tuviesen la oportunidad.

Cuando se les preguntaba por las temporadas que tuvieron que pasar fuera de la vereda donde residen, fuese por causa de la guerra o por otras razones, la mayoría de las personas manifestaban que no fueron épocas agradables, argumentando “yo siempre he sido campeche, no me gusta el pueblo” o “El que es del campo es del campo”. Todo lo anterior demuestra el arraigo por la tierra que cultivan, y la importancia de los recursos que esta tierra les brinda. La mayoría de personas entrevistadas coincidió en que a pesar de todo lo que han tenido que sufrir, a pesar del olvido que sienten del Estado, la vida en el campo es “tranquila y sana”, y están dispuestos a hacer lo necesario para defender la vida que han construido en su tierra.

La información recogida evidencia que estas comunidades campesinas han construido y reconstruido profundos lazos comunitarios y sus procesos organizativos son fuertes, a pesar de la ausencia del Estado y de su escaso acceso a bienes y servicios. Viven del agua y de la tierra y el peligro de que las actividades petroleras causen impactos en sus medios de vida, que son a todas luces frágiles ha generado una férrea oposición, que si bien fue documentada en la caracterización hecha en el Estudio de Impacto Ambiental, se desconoce en la matriz de medición de impactos, donde también se pasa por alto la presencia de guerrilla, paramilitares y bandas criminales emergentes como una riesgo evidente en el contexto de la realización de proyectos petrolero; sin embargo la empresa consultora invisibiliza esta grave situación y pone en riesgo de revictimización a las comunidades. Su oposición y la resistencia al proyecto de exploración y explotación sísmica ha sido causa de atropellos por parte de la fuerza pública, incluso ha generado amenazas y situaciones de riesgo para sus vidas. El desconocimiento de estas situaciones deja un vacío que resulta peligroso en un documento técnico que es la base para determinar la viabilidad de un proyecto de la magnitud del aquí planteado.

[356] ENTREVISTA. 4 de agosto de 2017. Vereda Rochela Baja, Morelia, Caquetá
[357] ENTREVISTA. 6 de agosto de 2017. Vereda la Curvinata, Valparaíso, Caquetá
[358] ENTREVISTA. 4 de Agosto de 2017. Vereda Bolivia, Morelia, Caquetá

5. COMPONENTE ECONÓMICO

5.1 Introducción

La compañía EMERALD ENERGY COLOMBIA solicitó licencia ambiental para desarrollar las obras correspondientes a la fase de perforación exploratoria del proyecto petrolero El Nogal en el departamento de Caquetá.

El conjunto de obras propuestas incluye la construcción de vías, plataformas de perforación, línea de flujo, tanques de almacenamiento, plantas para el tratamiento de aguas, transporte en carro tanques de fluidos de perforación y combustibles, entre otros, los cuales, frente a un entorno caracterizado por una importante riqueza natural y el desarrollo de actividades básicas tradicionales, podría generar un enorme impacto en todas las dimensiones ambientales, económicas y sociales.

La magnitud y la velocidad con que transcurre el proyecto, tienen la capacidad de generar modificaciones irreversibles, con consecuencias netas negativas sobre el departamento, y especialmente en los municipios del área de influencia directa, como Valparaíso, Milán y Morelia.

El desarrollo de proyectos similares en los departamentos de Arauca, Meta y Casanare, permiten observar que la petrolización de economías frágiles, conlleva una radical transformación de sus patrones socioeconómicos, dejando una marca que signa el futuro de los ciudadanos de hoy y del futuro.

El objetivo de la presente sección es analizar la dimensión económica del proyecto APE Nogal, en tres momentos con los siguientes objetivos específicos:

- Examinar con trabajo de campo e información secundaria la situación económica del departamento de Caquetá y de los municipios del área de influencia del proyecto exploratorio,
- Verificar la concordancia del estudio económico presentado por la empresa para determinar la certeza de sus conclusiones, sus faltantes e interpretaciones que se alejen de la situación encontrada por el grupo investigador y
- Confrontar el proyecto petrolero con la realidad del departamento y de los municipios para proyectar sus impactos negativos y positivos que les sirvan a las instituciones del departamento y a sus habitantes para consolidar con argumentos sus posiciones a favor o en contra del proyecto propuesto.

5.1.1 Caracterización con resultados de campo e información secundaria

El grupo responsable del análisis de la dimensión económica estuvo presente en el taller con representantes de organizaciones sociales y ciudadanos del común invitados por la vicaría apostólica y durante varios días, mediante conversaciones directas con habitantes de zonas rurales y líderes gremiales, reunió una serie de testimonios que aportaron a la caracterización directa de esta dimensión.

En segundo lugar, fueron consultados diversos documentos y estudios que se han elaborado sobre el departamento y sus municipios[359], incluidos los planes de desarrollo municipales, que arrojaron más información para la compresión cabal de la situación real, las dinámicas, tendencias, fortalezas y debilidades de la economía regional y local.

5.1.1.1 La economía del departamento

La economía del departamento de Caquetá se caracteriza por su muy pequeño aporte a la economía nacional presentando una notoria disminución de su crecimiento a partir de 2013, aunque siempre con tasas positivas de crecimiento de su Producto Interno Bruto (PIB) (Figura 146). La economía cuenta con una muy reducida diversificación de sus actividades productivas y una tendencia a la desaceleración en los últimos cuatro años (gráfico 2).

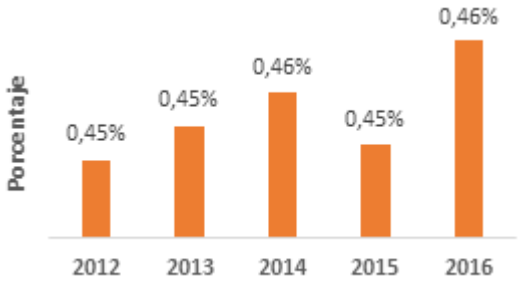


FIGURA 146. PARTICIPACIÓN PIB DE CAQUETÁ EN PIB NACIONAL 2012-2016.
FUENTE: DANE, CUENTAS NACIONALES DEPARTAMENTALES 2016, VALOR AGREGADO SEGÚN ACTIVIDAD ECONÓMICA, A PRECIOS CONSTANTES 2005 POR ENCADENAMIENTO

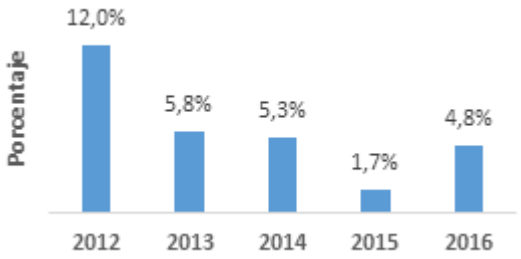


FIGURA 147. CRECIMIENTO PIB DEPARTAMENTAL CAQUETÁ 2012-2016
FUENTE: DANE, CUENTAS NACIONALES DEPARTAMENTALES 2016, VALOR AGREGADO SEGÚN ACTIVIDAD ECONÓMICA, A PRECIOS CONSTANTES 2005 POR ENCADENAMIENTO.

Dentro de las actividades económicas más importantes del departamento se destacan las llamadas sociales, comunales y personales, seguidas de los establecimientos financieros y el comercio. El aporte de los sectores reales es muy bajo, entre ellos, la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, seguidos de la construcción, el comercio, y la explotación de minas y canteras.

Esta distribución sectorial permite ir destacando que son los sectores de servicios los más importantes sobre los llamados sectores reales, como son la industria, agricultura y construcción, conocidos por su capacidad de generación de riqueza y empleo. Esta característica no se diferencia mucho de regiones como Arauca, Meta y Casanare, y es la razón por la cual la industria petrolera puede modificar sustancialmente las economías y hacerlas dependientes de su propia dinámica.

Regiones o países que muestran altas tasas de crecimiento económico y bienestar social cuentan con sectores reales robustos y de gran importancia dentro de sus economías. La verdadera sostenibilidad de una economía está en la capacidad de generar riqueza, empleo, y en su capacidad de generar los bienes que requiere para sus necesidades (autosuficiencia) y de exportar excedentes.

En general, la economía del Caquetá es considerada de muy baja productividad. El índice de Competitividad de la Universidad del Rosario señala que el departamento se clasifica

[359] Al final de la presente sección se entrega una lista de la bibliografía consultada.

en el puesto número 25, frente a 32 departamentos del país, debido al pequeño tamaño y eficiencia del mercado, una infraestructura vial en mal estado e insuficiente comparada con el territorio, bajo nivel de tecnificación de su economía y escasa diversificación de su aparato productivo, alta dependencia rural de la ganadería de doble propósito y la producción de leche, y una gran deforestación para proseguir con la ganadería extensiva. Comparando los resultados del Caquetá con los demás departamentos colombianos, éste tiene un puntaje aceptable en los pilares de instituciones y sostenibilidad ambiental, según el Comité Privado de Competitividad. (Anexo 13 - Tabla 1).[360]

El estudio señala también que la economía de Caquetá se caracteriza por la baja diversificación de la economía, la alta dependencia de sectores tradicionales poco tecnificados y de baja productividad, bajo nivel de ingresos, mercados pequeños, distancias y pésimo estado de las vías, deforestación y ganadería extensiva.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM señaló que, según el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono, la Tasa de Deforestación Anual,[361] del departamento de Caquetá fue la mayor del país durante 2015, con un total de 23.815 hectáreas, representando el 19,2% de la deforestación a nivel nacional (IDEAM, 2016).

5.1.1.2 Comercio exterior

Se destacan las ventas al exterior de maderas y fabricación de productos de la madera y cocho, excepto muebles, por valor de 324.000 dólares; la fabricación de artículos de cestería y espartería por 285.000 dólares; y productos alimenticios y bebidas por 39.000 dólares en el año 2015.[362] Dentro de las compras exteriores, se destaca en el 2014 la importación de bienes del sector de instrumentos médicos, ópticos y de precisión, y fabricación de relojes, todos ellos pertenecientes al sector industrial. El monto total de las importaciones ascendió a 519.000 dólares en el 2015, siendo el sector industrial el mayor importador.

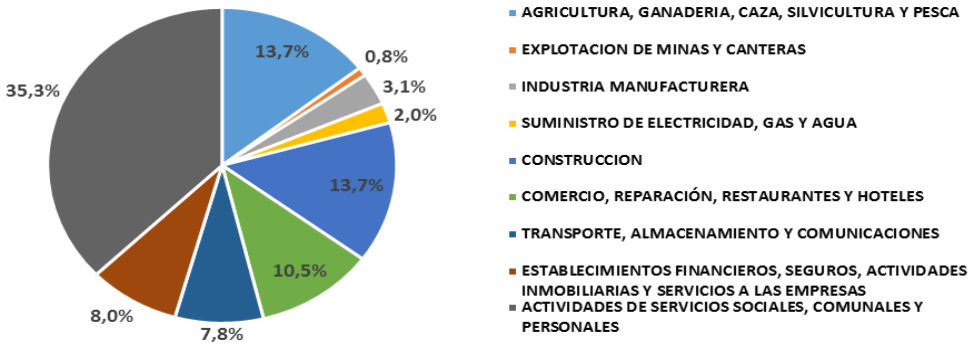


FIGURA 148. PARTICIPACIÓN DE GRANDES RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA EN EL PIB DEPARTAMENTAL 2016
FUENTE: DANE, CUENTAS NACIONALES DEPARTAMENTALES 2016, VALOR AGREGADO SEGÚN ACTIVIDAD ECONÓMICA, A PRECIOS CONSTANTES 2005 POR ENCADENAMIENTO.

[360] Índice de Competitividad Departamental. Comité Privado de Competitividad. Universidad del Rosario. 2016
[361] Deforestación en Colombia. IDEAM (2016).
[362] Informe de Coyuntura Económica Regional – Caquetá. 2013.2014.2015. Banco de la República

5.1.1.3 Producción ganadera y carne

Caquetá fue el séptimo departamento de Colombia con el mayor inventario bovino en 2016, de acuerdo con estadísticas presentadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en el "Censo Pecuario Nacional 2016", con un total de 1.340.049 cabezas de ganado. La producción pecuaria y caza aportó el 9,6% del PIB departamental y el 70% del sector agropecuario, expresando de esa forma su importancia dentro del sector real productivo del departamento.

Se caracteriza este sector por presentar sistema de producción tradicionales, método extensivo y sin encadenamiento hacia atrás y muy reducido hacia adelante, según informe de la Gobernación de Caquetá. La ganadería doble propósito es el modelo generalizado de producción en el departamento y en los tres municipios de influencia del proyecto petrolero El Nogal.

El sacrificio de ganado bovino en Caquetá fue de 50.083 cabezas en el 2016, de las cuales 40.740 lo fueron en COFEMA, lo que representa el 81.35% del total con 21.249 cabezas de origen local y 19.491 de ganado nacional, representando un 52.16% y un 47.84% respectivamente. El sacrificio de ganado en Caquetá equivale apenas al 1,18% del total nacional. (Cámara de Comercio de Florencia, 2017)

En cuanto a la producción de carne, la producción del departamento de Caquetá se estima de 144.000 toneladas de carne (incluyendo carne de origen ovino)[363]. La producción nacional de carne de bovino fue de 910.052 toneladas en 2016, lo que indica una gran importancia de la producción de esta mercancía en el territorio caqueteño para el agregado nacional. La producción de carne de Caquetá equivale apenas al 0,41% del total nacional en el 2016. (Cámara de Comercio de Florencia, 2017)

La exportación de ganado a nivel regional es un rubro importante por analizar en el mercado cárnico de Caquetá. La exportación de ganado local al mercado nacional alcanzó las 338.955 cabezas en 2016, correspondiente al 25.3% del hato ganadero caqueteño en este año. (Comité Departamental de Ganaderos del Caquetá, 2017)

El destino de cabezas se distribuye principalmente a los departamentos de Valle, Huila y Tolima con participaciones menores de otros departamentos de destino.

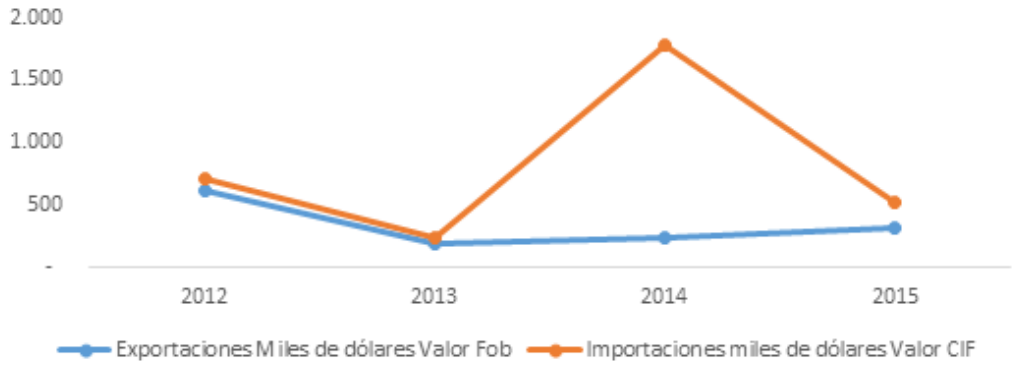


FIGURA 149. EXPORTACIONES Y EXPORTACIONES EN VALOR (MILES DE DÓLARES) 2012-2015
FUENTE: BANCO DE LA REPÚBLICA, "INFORME DE COYUNTURA ECONÓMICA REGIONAL – CAQUETÁ 2013-2014-2015"

[363] Plan de Desarrollo Departamental 2016-2019. Gobernación de Caquetá 2015.

El aumento tan drástico de las exportaciones durante el año 2014 obedece a la importación de mercancías del sector Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes durante ese año, perteneciente al sector industrial.

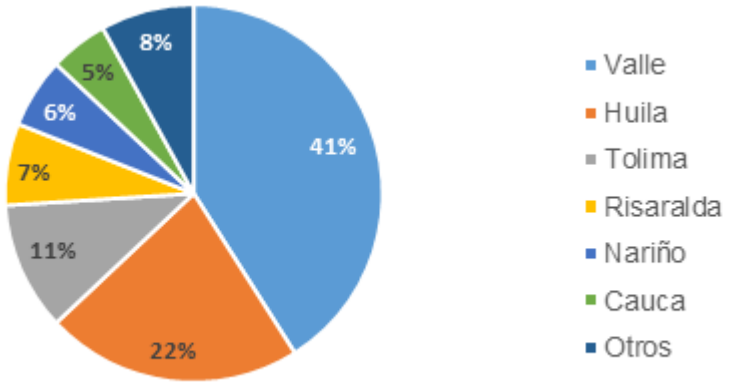


FIGURA 150. DESTINO DEL GANADO BOVINO QUE EGRESA DE CAQUETÁ A MERCADOS INTERNOS DEL PAÍS 2016
FUENTE: COMITÉ DEPARTAMENTAL DE GANADEROS DEL CAQUETÁ, "NUEVA GANADERÍA DEL CAQUETÁ EN CIFRAS 2016"

El anterior análisis evidencia la importancia de la ganadería, no sólo a nivel departamental, como se mencionó anteriormente, sino también a nivel nacional dado el gran tamaño del hato ganadero de Caquetá y los procesos productivos de sacrificio y egreso de ganado bovino, carne y leche de bovino localmente.

5.1.1.4 Producción agrícola

La producción agrícola ocupa un lugar importante dentro del sector real del departamento, pero se advierte por las estadísticas que ha venido perdiendo importancia dentro de la economía departamental debido a dos razones: 1) no registra importantes tasas de crecimiento y el valor de todo lo producido oscila entre 50 y 70 mil millones de pesos durante el periodo 2012 - 2016, y 2) por la mayor dinámica de otros sectores.

La agricultura aportó el 5,3% del PIB en el 2000 y solo el 3% en el 2016, y se orienta principalmente al cultivo de plátano (68.000 hectáreas), yuca (43.000 h), caucho (11.000 h), café (3.000 h), y cacao (2.000 h)[364]. Otras fuentes[365] revelan que también se produce caña panelera, arroz mecanizado y piña. (Anexo 13- Tabla 2)

"*Nosotros, hace 35 años, éramos agricultores, aquí producíamos arroz, sorgo, plátano, yuca, madera, maíz; esa cultura se fue acabando… esas áreas eran cerca de las cabeceras municipales, el transporte no era tan costoso, y había un buen rendimiento de la producción*", dijo el Director Ejecutivo de la Federación Departamental de Ganaderos de Caquetá, José Antonio Penagos.[366] (Anexo 13 - Tabla 3)

[364] Plan de Desarrollo Departamental 2016-2019. Gobernación de Caquetá.
[365] "Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2014 – Caquetá. Red de Información y Comunicación del sector agropecuario (Agronet) – Ministerio de Agricultura. (2015)
[366] Entrevista a José Antonio Penagos. (Penagos 2017)

Confirma Penagos la pérdida de competitividad del sector agrícola del departamento debido a la falta de tecnificación y a los mayores costos que implica producción cada vez más alejada de los centros de consumo, mercados reducidos y las precarias condiciones de la infraestructura vial.

5.1.1.5 Producción de leche

La producción nacional de leche fue de 6.391 millones de litros de leche cruda en el 2016 (FEDEGAN, 2017), de los cuales, el departamento de Caquetá reportó una producción de 459 millones de litros de leche al año (Gobernación de Caquetá, 2015), equivalente al 7,2% de la producción nacional.

Al no haber producción industrial o tecnificada de leche en el Caquetá, significa que la leche se obtiene por medios tradicionales y por decenas de familias para las cuales ésta es su única forma de sustento. Agrava la situación el reducido número de empresas o personas compradores (Nestlé y queserías), los altos costos de transporte para llevar los productos a otros mercados y los bajos precios, explicados además por la mayor importación de leche en polvo debido a los Tratados de Libre Comercio (TLC).

En el periodo 2014-2016 se importaron 74.823 toneladas de leche en polvo, 31.731 toneladas de lacto sueros y 9.626 toneladas de otros productos lácteos y derivados. [367] La cifra equivalente en litros de la cantidad importada revela la crítica situación del sector lechero productor: para 2014 se importaron un total de 149 millones de litros, en 2015, 183 millones de litros y en 2016, 374 millones de litros; la producción nacional de leche presenta un crecimiento negativo en los dos últimos años, mientras las importaciones crecen aceleradamente, incluso en el 2016 las importaciones crecieron 104% respecto al año anterior. (Anexo 13 - Tabla 4)

Según la Federación Colombiana de Ganaderos la producción nacional es más que suficiente para cubrir la demanda nacional sin necesidad de la importación de otros países (Contexto Ganadero, 2017), quedando un excedente o inventario del producto proveniente de la producción nacional.

Penagos dijo que la leche resultante de la transformación de leche en polvo y lacto sueros carece de nutrientes y sólidos: "[…] *Es tanto así que para este año se tiene presupuestado importar 55 mil toneladas de leche en polvo, y a esta fecha tenemos un sobre inventario de 6 mil toneladas por encima de lo que habíamos tenido a la fecha*." (Penagos, 2017)

Otro elemento que agrava las cargas de los productores de leche es la falta de información de mercado y las exigencias de calidad impuestos por los compradores que hacen imposible colocar el producto en condiciones competitivas, en términos de precios y calidad.

En Caquetá, el precio que se paga al productor de leche es inferior al promedio nacional. En 2016, el precio promedio a nivel nacional fue de $1.045 por litro de leche con bonificaciones voluntarias y $947 por litro sin bonificaciones voluntarias, mientras que el precio en Caquetá osciló entre $700 a $800. (Penagos, 2017). Para la Región 2[368] del informe de la Unidad de Seguimiento de Precios de Leche, en lo corrido del 2017 el precio

[367] Contexto ganadero. (2017) "En menos de 40 días de 2017, Colombia está llena de leche importada"
[368] La región 2 está conformada por Costa Atlántica, Chocó, Magdalena, Norte de Santander, Santander, Caquetá, Tolima, Huila, Meta, Orinoquía y Amazonía (Unidad de Seguimiento de Precios de Leche, 2017)

promedio de compra al productor sin bonificaciones voluntarias fue de $833 por litro, $114 pesos inferior al promedio nacional, mostrando el bajo precio de compra del producto en estos departamentos, dentro de los cuales se encuentra Caquetá.

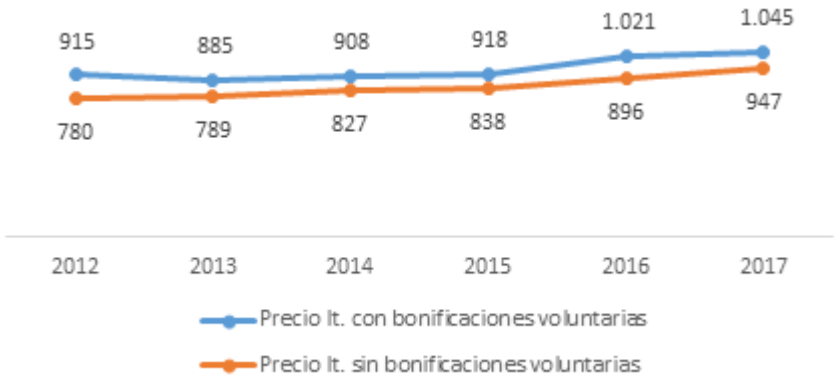


FIGURA 151. PRECIO POR LITRO DE LECHE PAGADO AL PRODUCTOR A NIVEL NACIONAL 2012-2017 (HASTA JUNIO)
FUENTE: UNIDAD DE SEGUIMIENTO DE PRECIOS DE LECHE, "PRECIO POR LITRO DE LECHE PAGADO AL PRODUCTOR A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL".

La deficiente infraestructura vial es una de las causantes de tal situación: "Lamentablemente el problema que tenemos en el Caquetá, siendo un departamento ganadero, es la carencia de vías. No contamos con vías terciaria suficientes para poder tener una red de frío, sobre todas estas veredas para poder vender la leche fría." (Penagos, 2017).

Las grandes distancias y el mal estado de la infraestructura vial en el departamento ocasionan el aumento de costos de logística y transporte, uno de los motivos por el cuales el precio que se le paga al campesino productor de leche es más bajo.

En estas circunstancias y dado que la producción de leche es el más importante, sino el único sustento para decenas de familias, la situación social se complejiza, con pocas o bajas posibilidades de mejoramiento de su calidad de vida, superación y movilidad social, de acceso a la educación y a la salud, bajo una lamentable ausencia de políticas oficiales que apoyen la tecnificación del campo, agregación de valor y mercadeo de los productos del campo.

5.1.1.6 Sector petrolero y minero

El sector de hidrocarburos no ha tenido un impacto o presencia significativa en el aparato productivo del departamento de Caquetá. Como se analizó anteriormente en la caracterización económica del departamento, el aporte al PIB departamental de ese rubro de la economía ha sido mínimo, casi nulo, con participaciones del 0% desde el año 2000 hasta el 2016, lo que permite identificar la poca presencia de la industria de hidrocarburos en el departamento históricamente.

A pesar de esta situación, en el departamento se reportan la existencia de 112 bloques petroleros otorgados por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en el territorio caqueteño, según el Plan Departamental de Desarrollo. (Anexo 13 - Tabla 5). En el área de Influencia directa del Bloque El Nogal se encuentran 8 de esos bloques petroleros. Por municipios, se encuentran 2 bloques en Milán, 3 en Morelia y 3 en Valparaíso.

Las estadísticas de producción fiscalizada de crudo para el departamento arrojan producción de crudo nula en las estadísticas de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para el departamento del Caquetá en los años 2013 a 2017. (Anexo 13 - Tabla 5)

El Mapa de Tierras de la ANH reporta que a febrero de 2017 se encuentra en producción el contrato OMBU (Capella) a cargo de EMERALD ENERGY PLC SUCURSAL COLOMBIA con un área de 15.815 hectáreas aprox. en el municipio de San Vicente del Caguán. Se trata de un contrato de Exploración y Desarrollo (E&D) en la cuenca Caguán-Putumayo en consorcio con la firma CANACOL ENERGY que se encuentra, una parte en evaluación y la otra en producción, aunque la producción muestra cifras a la baja desde 2014. (Anexo 13 - Tabla 6).

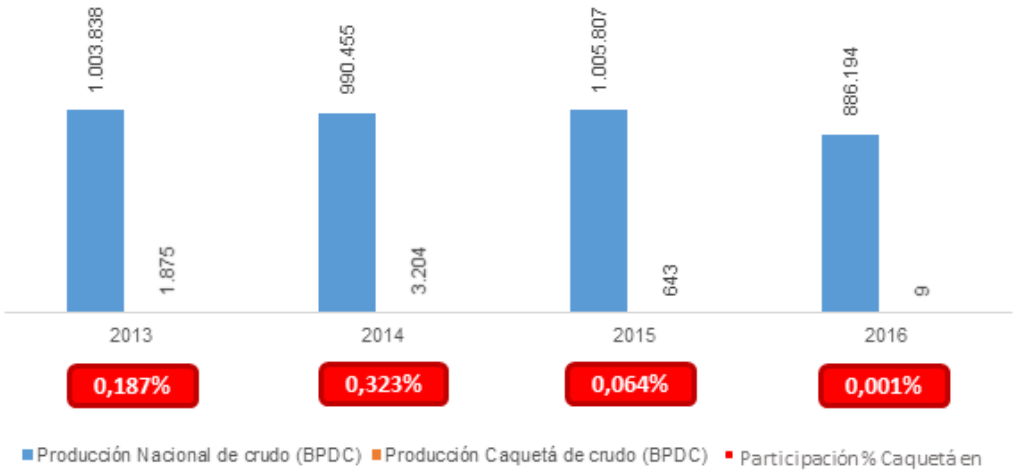


FIGURA 152. PRODUCCIÓN FISCALIZADA DE PETRÓLEO EN CAQUETÁ VS. NACIONAL 2013-2016 EN BARRILES PROMEDIO POR DÍA CALENDARIO
FUENTE: ANH, ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN, PRODUCCIÓN FISCALIZADA DE CRUDO 2013-2017.
EL AÑO 2017* CORRESPONDE SOLAMENTE A LA PRODUCCIÓN ENERO–JUNIO DE ESTE AÑO.

Por su parte, la Agencia Nacional de Minería (ANM) ha otorgado varios títulos mineros para la extracción a material de construcción en el departamento. El censo minero departamental (2011) informa de la existencia de 219 unidades de producción minera en el departamento, de los cuales 207 operan con título minero y 12 sin título, sin embargo, información de la ANM habló de la existencia de 58 títulos mineros.

En general de pequeñas extracciones, la casi totalidad de ellos no tiene más de cinco trabajadores; el 47% de los títulos mineros no pagan regalías, y no existe información sobre la existencia de licencias ambientales como requisito para ejercer la minería.

5.1.1.7 Mercado laboral, salarios y jornales

De acuerda a la información reportada en el "Informe de Coyuntura Regional 2015 Departamento de Caquetá" del Banco de la República, en el departamento de Caquetá la Tasa de Ocupación alcanzó el 50,7%, presentando crecimiento de 1,2 puntos porcentuales con respecto al 2014; mientras la Tasa Global de Participación fue de 54,9%, creciendo 1,3 puntos porcentuales. Por su parte, la Tasa de Desempleo presentó un crecimiento de 0,2 puntos porcentuales al pasar de 7,6% a 7,8%. (Anexo 13 - Tabla 6)

Uno de los principales motivos por los cuales la tasa de desempleo presenta un valor porcentual relativamente bajo, se debe al afianzamiento del sector de la construcción en

el departamento, principalmente en Florencia, durante los últimos años, provocando un desplazamiento de mano de obra no calificada a la capital del departamento y zonas cercanas, esto genera expectativa alta de empleabilidad, pero, muy posiblemente, sobrevalorada.

El presidente de la Cámara de Comercio de Florencia, Juan Carlos Rojas[369], expresó que este sector hace que crezca mucho el empleo, reflejado en crecimiento en las estadísticas de empleo, pero éste se caracteriza por ser temporal, informal y poco estable, ya que dura unos cuantos meses (duración de una construcción)

De acuerdo con la información primaria recolectada en campo, la información producto de la entrevista al Director Ejecutivo de la Federación Departamental de Ganaderos del Caquetá, José Antonio Penagos, los ingresos mensuales de las familias de las veredas en el AI se encuentran en promedio en el rango de 400.000 a 600.000 pesos.

Sin embargo, en los resultados de las entrevistas a 23 familias en 2017, se evidencia una gran diferencia entre los ingresos percibidos por las familias participes, ya que algunas presentan ingresos mensuales en el rango entre $1.000.000 y $1.200.000, mientras otras reportan valores de $400.000 a $500.000 y unos pocos casos ingresos por $200.000 a $300.000 o menos.

5.1.1.8 Estructura, uso y titulación de la tierra

De acuerdo con el Atlas de la Distribución de la Propiedad Rural en Colombia – 2012, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la mediana propiedad es la estructura de tenencia de la tierra predominante en el departamento de Caquetá (2009), cuya superficie oscila entre 20 y 200 hectáreas, y ocupa el 70,31% de la superficie del departamento.

Le sigue la pequeña propiedad con el 11,28% de los predios y una superficie equivalente al 2,46% del departamento. Sin embargo, el 3,48% de los predios son gran propiedad (más de 200 hectáreas), y ocupan el 26,45% del área de Caquetá. (Anexo 13 - Tabla 7)

En consecuencia, si bien la mediana propiedad es la característica predominante de la tenencia de la tierra, también es claro que la gran propiedad ocupa poco más de la cuarta parte del departamento. La información recogida a través del trabajo en campo mostró que 17 familias poseen pequeñas propiedades y 10 propiedades de más de 20 hectáreas.

La confluencia de dos fenómenos, la ganadería extensiva y la distribución de la tierra en mediana y gran propiedad, llevan a que se registre no solo un problema de competitividad de la ganadería, sino al desaprovechamiento de la tierra para otros usos, inclusive para actividades agrícolas. A esto debe sumarse, el uso de tierras, como bosques y suelo no aptos, para la ganadería.

De acuerdo con informes del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, las tierras arables para el uso agropecuario son equivalentes al 1,6% de la superficie de Caquetá; sin embargo, por la incorrecta modalidad de la actividad productiva, el 13,2% es destinado a actividades ganaderas, principalmente, y agrícolas, lo que ocasiona daños ambientales a los ecosistemas caqueteños.

[369] Entrevista Juan Carlos Rojas. Presidente de la Cámara de Comercio de Florencia.

El Director General del IGAC, Juan Antonio Nieto Escalante, se pronunció con respecto a la utilización de suelos y problemas de información geográfica: “A pesar de ser un territorio con una gran diversidad de suelos, hemos desaprovechado nuestro potencial agrícola, extralimitado la ganadería y afectado los ecosistemas estratégicos. Esto se debe a que no hacemos un uso de la información, la cual indica detalladamente las zonas aptas para usos agrícolas, pecuarios, forestales y de protección” (IGAC, 2016)

La reconversión ganadera en Caquetá es un tema de importancia crítica para el desarrollo de la actividad y el mejoramiento de las condiciones ambientales de los ecosistemas impactados por la ganadería extensiva.

El Director Ejecutivo de la Federación Departamental de Ganaderos del Caquetá se refirió a este tema: “*Nosotros como ganaderos también tenemos mucha influencia en el tema de la deforestación. Estamos haciendo esfuerzos grandes para que el ganadero se concientice que no se necesita tanta área para ejercer la ganadería, sino que nos volvamos como están los de Cundinamarca, Tolima, Valle, Antioquia, que nos volvamos empresarios tecnificados. Si nosotros tecnificamos nuestras praderas, podemos liberar áreas para que se vuelvan a reforestar*.” (Penagos, 2017)

Otro problema grave relacionado con las tierras es la titularidad sobre las mismas. La alcaldía de Milán, por ejemplo, llama la atención sobre el hecho de que la mayoría de los poseedores de los terrenos no cuentan con escrituras públicas. El Director Ejecutivo de la Federación de Ganaderos de Caquetá, José Antonio Penagos, dijo durante una entrevista que “el 71% de las fincas del departamento no tiene legalizado sus predios”. (Anexo 13 - Tabla 8 - 9)

Se trata de una tenencia precaria o informal que requiere de la intervención del Estado para sanear la titulación de los predios, que colateralmente tiene otros efectos, como es la imposibilidad de acceder a los programas oficiales para el desarrollo de actividades productivas o créditos en el sistema financiero.

5.1.1.9 Turismo

El Plan de Desarrollo departamental de Caquetá establece como un sector a desarrollar y con enorme potencial el sector turístico:

> *“En la actualidad el Departamento del Caquetá cuenta con un potencial turístico alto en biodiversidad que lo hace muy atractivo, […] Siendo el turismo un dinamizador de la economía del Departamento y visualizando el postconflicto se prevé que esta actividad será una de las grandes apuestas para el desarrollo Departamental en todos los sectores.* (Gobernación de Caquetá, 2015)

El turismo en el departamento del Caquetá es un sector desaprovechado y con poca inversión en administraciones pasadas. Actualmente, es uno de los sectores con mayor proyección a nivel departamental y municipal también, como se analizará más adelante.

La realización o consolidación de esta apuesta de la Gobernación se realizará bajo la promoción del Turismo Urbano y Rural “ya que este nos permite involucrar actividades como caminatas, senderismo, contemplación pasiva, hospedaje en posadas, recreación, agroturismo y algo de turismo de aventura y extremo, sin afectar el medio ambiente.”

5.1.1.10 Cultivos ilícitos

La situación en el departamento de Caquetá con respecto a cultivos ilícitos resulta alarmante, más aún en un escenario de posconflicto. Caquetá es el quinto departamento con más área sembrada con coca en Colombia durante el 2016, según la (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), 2017).

El área sembrada de cultivos de coca en el Caquetá en 2015 fue de 7.712 hectáreas (8% del total) y 9.343 hectáreas en 2016 (6,4% del total). Significa que el área creció en 1.631 hectáreas, aunque frente al total nacional haya disminuido. (Anexo 13 - Tabla 10)

Al comparar esta estadística con el área de cultivos agrícolas lícitos en el departamento para el año 2014 (última estadística disponible de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales del Ministerio de Agricultura), se observa que el área con cultivos de coca equivale al 12% del área sembrada con cultivos lícitos durante ese año; los cultivos de coca están presentes en 6.542 hectáreas y los cultivos agrícolas lícitos presentes en 54.081 hectáreas del departamento de Caquetá.

Debido al crecimiento de este tipo de cultivos, el sector agrícola lícito se vio gravemente afectado por el desplazamiento de mano de obra campesina a ese tipo de actividades, siendo un factor muy relevante al analizar el estado actual de este sector en el Caquetá, caracterizado por la baja tecnificación, baja productividad y competitividad y rezago general. (Anexo 13 - Tabla 10).

Adicionalmente, Penagos denuncia una grave situación que se presenta en el proceso de erradicación de este tipo de cultivos, ya que, una vez realizada la erradicación en el predio, el campesino no tiene alternativas sostenibles inmediatas para suplir la falta de ingresos en la etapa posterior a este proceso, razón por la cual, en muchos casos, reincide en el cultivo de productos ilícitos como única alternativa de supervivencia. (Penagos, 2017)

Si se tiene en cuenta la problemática y el entorno económico, social y de orden público que la presencia de una actividad implica, se sabe que no es un tema de poca monta y que su erradicación implica una movilización importante de fuerzas y recursos que no siempre están disponibles. Por el contrario, mientras las demás actividades lícitas no sean rentables o tengan una buena retribución, existirá la tentación para cultivar coca.

5.1.2 Análisis del área de influencia directa.

La información para elaborar este subcapítulo se sirve de las entrevistas y testimonios levantados en el trabajo de campo y de la revisión de documentos, como los planes de desarrollo municipal y otras fuentes secundarias.

De acuerdo con la información de campo realizada en el año 2017, de un total de 23 núcleos familiares entrevistados que habitan en las veredas que se encuentran dentro del AI del proyecto, más del 65% declararon que la actividad económica de la cual dependían u obtenían sus ingresos era la ganadería y la venta de leche a Nestlé y a las queserías y otras empresas presentes en la zona.

La ganadería se evidencia como la actividad económica productiva predominante en los distintos niveles analizados, departamental, municipal y veredal, y de la cual dependen las

familias que habitan las veredas en las zonas rurales dentro del área de influencia del proyecto. A nivel departamental, es la actividad productiva de mayor aporte al PIB después de la construcción, cuyo crecimiento y gran tamaño se caracterizan por la dinámica que se viene dando en el área urbana de Florencia durante los últimos años (Rojas, 2017)[370], por lo que en el sector rural se posiciona como la más importante.

En cuanto a esta actividad en los municipios del AID se destaca su prevalencia de la ganadería en estos territorios y la dependencia de las familias de los ingresos producto de tal actividad.

5.1.2.1 Municipio de Milán

El Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 de Milán, señala que la ganadería es una de las actividades económicas más importantes del municipio. Evidencia de ello es que el área representada en pastos equivale al 34,41% del territorio rural del municipio, es decir, 42.790 hectáreas para 45.620 cabezas de ganado bovino. Esta actividad es en la gran mayoría de los casos de doble propósito, es decir ganado destinado a la producción de leche y carne simultáneamente.

La presencia de la multinacional Nestlé y tres queserías para la comercialización de la leche del municipio es un elemento importante, pues constituyen la fuente más importante de demanda de la leche producida en el municipio (Alcaldía de Puerto Milán - Caquetá, 2015). Los demás bienes producidos en el municipio no cuentan con procesos de transformación para generar valor agregado y se comercializan a través de intermediarios.

Otras actividades del sector pecuario también tienen lugar en la economía municipal, sin embargo, su participación es pequeña y se les considera como actividades terciarias, en muchos casos, la producción de estas no cubre la demanda local, por lo que resulta necesario el abastecimiento proveniente de otros municipios.

Adicionalmente, la agricultura tiene un tamaño pequeño en esta unidad territorial, esta actividad concentra solamente el 1,24% del área total del territorio del municipio para cultivos transitorios, anuales y permanentes o semipermanentes. Y una pequeña porción de la tierra utilizada para el acuícola equivalente a 0,14 hectáreas para el año 2015, según la misma fuente.

Según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), los cultivos en Milán se distribuyen de la siguiente manera: plátano con 38%, cultivos de yuca con 14%, caña panelera con 13%, caucho con 11%, maíz con 9% cacao con 7%, arroz con 4%, chontaduro con 3% y cultivos de piña con 2%. El total del área rural municipal empleada para cultivos agrícolas equivale alrededor de 1.541 hectáreas (1,24% del área rural municipal).

Se resalta que los cultivos no son suficientes para atender la demanda local, por lo que un porcentaje de ellos son adquiridos en Florencia.

El cultivo de caña es un renglón importante en la actividad productiva del municipio, se cuenta con nueve plantas de procesamiento, utilizando productos provenientes de 205

[370] Esta entrevista fue realizada en 2017 y la información en ella dicha se encuentra en los anexos de este documento. Lamentablemente, el entrevistado no permitió la grabación por lo que la trascripción textual no está disponible. Se encuentra en el presente documento como **Anexo 5.**

hectáreas cultivadas y realizando tareas de transformación para distribución directa y en algunas tiendas del municipio.

Se destaca en el Plan de Desarrollo Municipal la informalidad que caracteriza al sector comercial en el municipio, la comercialización de las artesanías de los indígenas Koreguaje y los establecimientos dedicados al turismo, ecoturismo y etnoturismo. El turismo es justamente el sector que según la administración local tiene una mayor proyección y es calificado como un potencial motor del desarrollo económico.

“Por tal motivo y dado el escenario favorable para esta actividad de posconflicto, la administración de Milán dedicará esfuerzos para el cumplimiento del objetivo de “Promover e impulsar programas y proyectos que incentiven el desarrollo económico y social del Municipio, basado en el sector turístico, concentrando los esfuerzos en el ecoturismo y etnoturismo dado el importante potencial de recursos naturales y ambientales, y la presencia de la comunidad indígena “koreguaje”.

5.1.2.2 Municipio de Morelia.

La principal actividad económica del municipio de Morelia es la ganadería doble propósito y es el renglón económico que emplea a la mayor cantidad de la población del territorio; la comercialización, según el Plan de Desarrollo municipal, se realiza en su mayoría a través de Nestlé y otras empresas, como quesilleras. En cuanto a la producción de carne, la venta se hace a través de intermediarios de la Compañía de Feria y Mataderos de Caquetá (COFEMA).

Al igual que en Milán, también se pueden observar espacios rurales dedicados a la producción de otros tipos de ganado y animales, por ejemplo, la cría de aves, ovinos, caprinos para la comercialización y la producción de peces, pero tales actividades tienen un volumen mucho menor que el de la ganadería doble propósito y su trascendencia en la economía municipal es mínima.

Según datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2013), el área dedicada a cultivos agrícolas en el municipio de Morelia alcanza una extensión de 295 hectáreas (alrededor de 0,6% de la extensión rural), que se caracterizan por la predominancia del cultivo de caucho y plátano con 128 y 96 hectáreas respectivamente. La transformación de productos agrícolas se centra en la caña, existiendo en el municipio 18 trapiches para molienda de caña y 37 hectáreas de cultivos de este producto. (Alcaldía de Morelia - Caquetá, 2015) (Anexo 13 - Tabla 11).

La producción agrícola se orienta preferencialmente hacia el autoconsumo. En el taller con las comunidades de algunas de las veredas del área de influencia, los participantes comentaron que, en las veredas de Bruselas, Bolivia y La Cándido, los cultivos de caña, yuca y cacao se orientan al consumo de las mismas familias.

Las veredas del municipio de Morelia, San Marcos, Bocana Agua Caliente y Bruselas, reportaron la producción de yuca y plátano para autoconsumo y la producción de caña para la venta. Las veredas La Florida La Reforma y La Paujila de Valparaíso, al igual que el grupo anterior, mencionaron cultivos de pan coger de yuca y plátano y producción de caña para la venta.

Las actividades del sector terciario se concentran en el área urbana de Morelia, donde se enfoca el comercio, el turismo, los servicios y la administración pública. El turismo se destaca como un sector importante en el municipio debido a la afluencia de turistas del departamento, especialmente Florencia, gracias a los recursos naturales disponibles en el municipio, como por ejemplo balnearios naturales en la zona rural. (Alcaldía de Morelia - Caquetá, 2015)

El municipio de Morelia es un territorio en el que el turismo tiene desde ya una importancia significativa para la economía municipal, debido a la llegada de turistas provenientes de otros municipios, especialmente Florencia, por el atractivo de los balnearios naturales del río Bodoquero, además se menciona el impacto positivo que esta afluencia de turistas genera en el comercio local (Alcaldía de Morelia - Caquetá, 2015)

También se reportó la existencia de pequeñas extracciones de arcilla para la elaboración de ladrillos en el municipio.

5.1.2.3 Municipio de Valparaíso

La base de la economía de este municipio son las actividades económicas agropecuarias, dentro de las cuales, la ganadería doble propósito es la de mayor importancia, seguida por la agricultura. La comercialización de la leche, de manera similar a los dos municipios anteriores, se realiza con la empresa Nestlé y dos quesilleras radicadas en el municipio.

La venta de carne se realiza una porción en el mercado local, gracias a la planta de sacrificio animal en Valparaíso, y el producto se comercia con COFEMA para ser vendido en Florencia y otros departamentos cercanos.

Para el municipio de Valparaíso, el área sembrada de cultivos agrícolas equivale solamente a 0,14% del área rural del municipio. Como productos principales, se destacan el cacao, el maíz, la yuca y el plátano; adicionalmente, el cultivo de arazá es una actividad atípica a los demás municipios caqueteños y Valparaíso se perfila como líder departamental en este tipo de producto agrícola.

La piscicultura se presenta como una actividad de alto posicionamiento a nivel municipal durante los últimos años, sin embargo, los altos costos de producción ocasionan que la rentabilidad sea muy baja, según cifras en el Plan de Desarrollo Municipal, el 60% de los estanques dedicados a la producción de peces no está siendo productivo actualmente.

El comercio minorista y los servicios personales se encuentran concentrados en la zona urbana del municipio, con la venta de productos al detal en establecimientos comerciales y otros lugares dedicados a los servicios personales, como restaurantes, hoteles, entre otros.

Al analizar el sector turístico, la administración pública estructura en el Plan de desarrollo municipal el programa “Por un Valparaíso Turístico”, un marco de políticas e iniciativas a adoptar para convertir al sector turístico en un importante renglón de la economía del municipio. Enfocado desde la promoción del ecoturismo y el etnoturismo, se estipulan una serie de objetivos orientados a la conformación de una red turística completa con la conformación de hoteles, alianzas estratégicas, campañas de sensibilización, entre otras iniciativas para el aprovechamiento del potencial ecológico y ambiental del municipio. (Alcaldía de Valparaíso, 2015)

5.1.3 Comentarios al estudio de impacto ambiental del Nogal.

La revisión del capítulo 5.3 Medio Socioeconómico del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), presentado por la firma Emerald Energy Colombia, permite encontrar que levantaron información directa con habitantes del área de influencia directa del proyecto y consultaron fuentes secundarias para la caracterización social y económica del departamento.

Las diferencias en las estadísticas y en la información en general no son sustanciales, como por ejemplo las diferencias en cuanto al aporte de la economía caqueteña al PIB Nacional, la comercialización de la leche en forma de quesos y la participación de Nestlé y las queserías en el mercado del lácteo,

El grueso del cuestionamiento al estudio del medio socioeconómico presentado por Emerald Energy radica en el análisis plano de las estadísticas con un sesgo orientado a magnificar los impactos positivos del proyecto sin adentrarse en los fenómenos y dinámicas de la economía y menos en el análisis de los impactos que un proyecto petrolero como el que proponen podrían registrar sobre un modelo basado en actividades tradicionales

El EIA centra su atención en los supuestos impactos positivos derivados de la actividad sísmica y la perforación del pozo estratigráfico desde su encadenamiento hacía atrás, es decir, la demanda de bienes y servicios para la ejecución de dichos proyectos.

> *"La actividad petrolera se viene desarrollando en los tres municipios con la presencia de la sísmica y el pozo estratigráfico. Este tipo de actividades a generando, en algunas veredas, beneficios como adquisición de bienes y servicios terciarios y generación de mano de obra no calificada" (C&MA LTDA., 2017: Pag. 304)*

Sin embargo, sobre el empleo, el EIA señala que el proyecto exploratorio tendrá un efecto positivo en el empleo formal en las veredas de Milán, Morelia y Valparaíso, con un aumento en los ingresos mensuales del núcleo familiar al emplearse en las actividades petroleras, pero también dice que, en experiencias anteriores en la zona, se prefirió traer personas de otras veredas y regiones a laborar en la sísmica y el pozo estratigráfico (Emerald Energy - C&MA LTDA, 2017).

Debe aclararse que este tipo de impactos es transitorio y parcial, pues si bien no puede desconocerse que las empresas adquieren bienes y servicios para su operación, también debe decirse que el aparato productivo de los municipios, al no poder reaccionar con la misma velocidad de la demanda, permite que los bienes y servicios demandados terminen siendo provistos por personas o empresas de otras regiones, contratistas con experiencia en otras partes del país, y que si bien las comunidades locales no se benefician del auge comercial, sufren sí las consecuencias del desajuste de la oferta y la demanda, que se ajusta por la vía de una alza de precios, inalcanzables para las familias que no pueden acceder a los ingresos ofrecidos por las petroleras y sus contratistas.

Sobre la generación de mano de obra no calificada es una afirmación que debe ponderarse. Es cierto que las compañías petroleras requieren de mano de obra no calificada para obras en las cuales no se requiere un conocimiento o experiencia técnica, por ejemplo, conductores, albañiles, celadores o mujeres con habilidades culinarias, pero

el grupo de trabajadores son personas con conocimiento y experiencia en el sector. Mano de obra no calificada se requiere especialmente en la fase de construcción y montaje, pero una vez finalizada, estos trabajadores, quedan desempleados.

El estudio socioeconómico de la petrolera hace caso omiso de las múltiples manifestaciones de rechazo de las comunidades y de las autoridades locales, expresadas incluso en los planes de desarrollo:

Con base en los análisis expuestos, es evidente que la actividad petrolera se identifica como una amenaza para el desarrollo presente y futuro de los sistemas económicos y las poblaciones del departamento y, específicamente, de los municipios. La realización del proyecto exploratorio por parte de Emerald Energy Colombia es una materialización de esa posible amenaza, que abarca aspectos ambientales, productivos, alimenticios y económicos de la población que habita en el AID del proyecto.

De acuerdo a la orientación de los Planes de Desarrollo y, por ende, la de la política pública y el accionar proyectado en los mismos de la administración pública, la realización de este tipo de proyectos contradice los objetivos planteados en los planes de desarrollo sobre el sistema económico de los municipios, que se caracterizan por estar enfocados en la reconversión ganadera, el fomento de la producción agrícola, la creación de cadenas de valor agregado, la consolidación del turismo y conservación de los recursos naturales y ambientales, objetivos que se verían entorpecidos por los trabajos de la industria petrolera en la zona.

Sin embargo, la compañía petrolera desconoce lo que ella misma ha consignado en su estudio socioeconómico y del bolsillo saca la siguiente conclusión:

> *"Es así como el desarrollo en los tres (3) municipios se prospecta a partir de la conjunción de las principales fuentes de ingresos como es la industria petrolera y minera, la explotación del turismo, donde es fundamental la conservación y buen manejo de los recursos naturales, como las fuentes de agua, el paisaje y los sitios donde se cuenta con elementos culturales de importancia para la comunidad. Es por esto que la presencia de un nuevo proyecto petrolero es uno más de los factores propulsores del desarrollo local o regional, pues a pesar de los recursos que se generan, la vocación y tendencia incluye otros sectores de la economía." (C&MA LTDA., 2017: Pág. 357)*

El EIA expone la actividad petrolera y minera como una de las principales fuentes de ingreso de los municipios en el AID, sin embargo, en el texto no se menciona ningún tipo de justificación o fuente de información que valide el argumento expuesto.

En la revisión de los Planes de Desarrollo municipal de los municipios, realizada tanto en el EIA en la sección "Tendencias de Desarrollo" como en la realizada para la elaboración del presente documento, no se identificó en ningún momento la idea de una proyección de desarrollo a través de una conjunción de la industria petrolera y minera y el turismo como expresa el EIA.

Los planes de desarrollo municipal expresan un planteamiento muy distinto al expuesto en esta sección del documento, el desarrollo económico de los territorios en cuestión se prospecta realizar desde aspectos relativos al sector agropecuario, al turismo y al aprovechamiento y conservación de la riqueza ecológica de su tierra, mientras que las menciones relacionadas a la industria petrolera se concentran en hacer evidente la

preocupación de las comunidades, pues se percibe como una fuerte amenaza para el desarrollo económico, social y ambiental, a pesar de la expectativa de crecimiento del sector petrolero en el departamento que se caracteriza por su ausencia en los elementos claves de desarrollo de las administraciones públicas de los municipios y departamento.

En cuanto a las expectativas del sector en el futuro, el sector petrolero sí se perfila como un sector a crecer en el departamento, debido al interés de numerosas empresas de la industria en la cuenca hidrocarburífera Caguán-Putumayo y en las reservas petroleras posiblemente presentes en la zona (Portafolio, 2016). Elemento identificado también en las investigaciones económicas locales: "la explotación de petróleo es por hoy una de las expectativas más grandes en materia económica y de desarrollo para el Caquetá." (Cámara de Comercio de Florencia, 2017).

Sin embargo, al analizar la dinámica de la industria petrolera en el departamento en periodos anteriores, se observa que el impacto que esta industria ha tenido históricamente ha sido mínimo en la economía caqueteña. Evidencia de tal hecho, es la participación o aporte de la actividad como rubro al PIB departamental con valores de 0% desde 2000 hasta 2016 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2016), además al analizar las cifras de producción de crudo en el departamento, la participación de la industria del departamento es mínima a nivel nacional, dando cuenta del reducido tamaño de la misma en años pasados.

Por tales motivos, la idea expuesta en el EIA de una industria petrolera motor de la economía en el departamento históricamente es un argumento cuanto menos discutible y, debido a la carencia de fuentes de información en este segmento, no se puede contrastar con la información de origen utilizada para la investigación y elaboración del EIA.

En una sección anterior del EIA se expone otro argumento del mismo estilo al presentado anteriormente:

> *"Por otra parte y aunque parezca contradictorio, la explotación de recursos naturales como el petróleo ha sido y al parecer tiene proyección a ser, uno de los motores de desarrollo del municipio, con interés por parte de empresas petroleras de explorar en las áreas rurales con el fin de aumentar la perspectiva de la zona." (Emerald Energy - C&MA LTDA, 2017)*

Se presenta a la industria petrolera como un motor de la economía de Morelia en el pasado y con proyección en el futuro, de nuevo sin ninguna justificación y en discordancia con lo presentado y planteado en el Plan de Desarrollo municipal del comportamiento del sector en periodos anteriores, donde se lo muestra como un sector importante en la economía a nivel municipal y departamental.

Incluso en un apartado diferente del texto en la sección de "Tendencias de Desarrollo" se expone un argumento contrario al anterior:

> *"Las tendencias del desarrollo en el AI del Bloque Nogal se marcan por el desarrollo turístico y del sector ganadero, teniendo en este último el apoyo del acompañamiento de la Gobernación de Caquetá, […]. La tendencia ganadera corresponde a la tendencia regional, pues el departamento del Caquetá se ha caracterizado a nivel nacional un productor significativo de lácteos, teniendo la mayor producción y subsistencia de la zona.*

[…], pues AI del APE Nogal en compañía con otras organizaciones están buscando con los alcaldes y líderes comunitarios y poder crear una estrategia en donde hacer traer el turismo al departamento, alimentando por medio de las riquezas naturales, y convertir atractivos y recursos en productos para ofertarlos en los mercados nacional e internacional." (Emerald Energy - C&MA LTDA, 2017)

El anterior texto muestra dentro del mismo documento una posición contraria en cuanto a la importancia del sector de petróleo y minería y la proyección del mismo en las perspectivas de desarrollo de los municipios del área de influencia, donde prevalecen el desarrollo y aprovechamiento del sector agropecuario, turismo y riqueza natural.

Las diferentes comunidades de Valparaíso expresan su preocupación frente a las actividades de la industria petrolera que ya se realizan en el territorio del municipio, debido a la posible generación de impactos ambientales negativos consecuencia de esta actividad (Alcaldía de Valparaíso, 2015)

6. CONCLUSIONES

6.1 Componente Geológico

El enfoque geológico aplicado en la identificación y caracterización de materiales superficiales dentro del APE El Nogal pretendía evaluar su potencial acuífero y señalar la relevancia de esta condición para los lugareños en su forma de vida, teniendo en cuenta que no se hizo algo parecido en el EIA, donde se pasó por alto la geología superficial y la importancia que su caracterización tiene para entender la dinámica del agua y salvaguardar la calidad de vida de las personas que allí habitan.

Bajo esta mirada, se identificaron varios factores que sustentan la presencia de una zona de recarga de acuíferos en áreas de lomerío y una dinámica de flujo de aguas subterráneas y subsuperficiales:

- Existencia de un fracturamiento significativo en las rocas, que aumenta la permeabilidad y la conducción de fluidos a través de los materiales.
- Presencia de materiales con granulometría predominantemente limosa, capaz de transmitir o al menos de almacenar agua.
- Presencia de manantiales en media ladera y parte baja de la ladera.
- Evidencias de variación del nivel freático en el moteamiento de las rocas y los suelos residuales del Grupo Orito y en los depósitos aluviales antiguos.

Así, es claro que las actividades como aspersión de aguas residuales en vías o áreas de lomerío afectarían la calidad de las aguas subterráneas someras, almacenadas en los suelos, correspondientes al agua más utilizada por la población de la zona estudiada para su consumo personal y para el sostenimiento del ganado.

Por otro lado, el reporte de rezumaderos y el hallazgo de rocas impregnadas con hidrocarburo y su relación con zonas de deformación es evidencia de una conexión entre la geología profunda y la geología superficial, indicando la alta amenaza en la que se constituyen prácticas como realizar reinyección de fluidos, debido al alto potencial de contaminación de aguas subterráneas.

Cabe resaltar que una mejor caracterización de las fracturas, fallas y su disposición en el espacio, en relación con un modelamiento hidrogeológico y con evaluación de riesgo de contaminación por reinyección de fluidos requiere estudios más detallados y profundos que los presentados por la empresa Emerald Energy.

De otra parte, la identificación de un material con alto contenido de carbonato de calcio (litoarenitas con cemento calcáreo), de poca extensión areal, que no había sido reportado en la zona, muestra claramente las deficiencias en el conocimiento geológico ambiental por parte de la empresa petrolera, al omitir el registro de variaciones locales de los materiales rocosos que constituyen el Grupo Orito.

Asimismo, la presencia de fracturas en estas rocas y el desarrollo de paisajes cársticos, junto con la formación incipiente de cavernosidades o conductos, indican una dinámica de agua superficial y subterránea diferente a la que predomina dentro del APE. Aunque la cartografía y descripción de este material no estaba dentro de los alcances de este estudio, se deja un precedente, enfatizando en la necesidad de ahondar en su

caracterización, al constituirse como una variable adicional en la evaluación de impactos de actividades humanas en el territorio.

6.2 Componente Hidrogeológico

El comportamiento de los sondeos se puede agrupar en dos grupos: el primero asociado al lomerío y el segundo a la llanura de inundación del río Pescado. En el caso del lomerío la interpretación de los sondeos permite identificar lo que parecen ser intercalaciones de capas de limolitas arenosas con capas de arcillolita de variado espesor (metro a decimétrico). En superficie, se identifican variaciones ligeras que se correlacionan con los espesores de suelo o zona intemperizada, comportamiento que marca el desarrollo de espesores del orden de los 2m con variaciones asociadas a la ubicación en la ladera, como se evidenció en la construcción del perfil.

En el comportamiento de los modelos de resistividad generados sobresale un cambio de la resistividad progresivo hacia valores bajos relacionado en parte con un paquete de arcilla, no obstante, este comportamiento parece indicar el aumento de la conductividad del fluido evidenciado en el análisis fisicoquímico.

En cuanto al grupo de sondeos realizados en cercanías del río Pescado se encuentra un espesor de depósito aluvial de aproximadamente 20m variando en espesor a medida que se aleja del río. El comportamiento en profundidad de estos sondeos sigue la misma tendencia evidenciada en los demás sondeos asociada a intercalaciones de limolitas arenosas y arcillolitas.

Las propiedades hidráulicas encontradas permiten identificar un comportamiento a diferentes escalas. A escala centimétrica en la parte más somera el suelo (Horizonte A) presenta una infiltración moderada del orden de 10^{-6} m/s parámetro que en parte indica la capacidad que tiene el suelo de permitir el ingreso de agua al sistema, característica amplificada en parte por la sortividad del medio.

Continuando en escala centimétrica los horizontales más profundos B y C muestran una tendencia en la que en los valores mayores de conductividad se dan en el horizonte C (> 0,01 cm/h) en comparación con los del horizonte B. Adicionalmente, la conductividad de estos dos horizontes es menor a la del horizonte superficial comportamiento que se puede explicar por la presencia de raíces en el suelo.

A escala de metro y decena de metro se encuentra un incremento de la conductividad hidráulica a un valor de 10^{-5} m/s relacionada en parte con el cambio de escala y con la posibilidad que se identificó en campo de flujo por fracturas y las zonas preferenciales de flujo asociadas a arenitas y conglomerados. Con base en ello y en la capacidad específica, se puede clasificar el medio en términos de hidrogeología extractiva como una unidad acuífera de moderada capacidad de producción. En la interpretación de la prueba de bombeo se puede identificar un aporte de cuerpos de agua superficial. Estas características hidráulicas en conjunto con el inventario de puntos, la calidad de agua y la distribución de las capas en profundidad permiten construir un modelo hidrogeológico conceptual.

El modelo implementado permite identificar la dinámica de recarga-escorrentía de los suelos representativos del APE-Nogal en particular el error en la modelación es del 2,3%. Se encuentran variaciones en la recarga a lo largo del año llegando en época de verano a representar cerca del 50% de la precipitación y términos del promedio anual a representar

cerca del 16%. Por otro lado, la escorrentía representa cerca del 46%. Este escenario de las condiciones indica dos posibilidades al momento de darse un vertimiento de agua contaminada: una que el contaminante se infiltre en el cual el tiempo que le toma en alcanzar una zona de flujo preferencial puede estar en el orden de lo 50-100 días, la segunda posibilidad es que el flujo se dé rápidamente por superficie y entonces la contaminación se va a dar en el orden de horas.

El transporte del soluto requiere de la evaluación y definición del coeficiente de dispersión hidrodinámica, el cual depende de la heterogeneidad del medio. Para esto se debe hacer un estudio detallado de las longitudes de correlación y varianza de la conductividad hidráulica en un área o perfil con escala representativa para los intereses de la población asentada en el territorio que pretende ser afectado por el proyecto de exploración de hidrocarburos. En este contexto, los estudios ambientales presentados por la empresa Emerald son omisivos pues no cuentan con un modelo representativo de la zona en la cual se vinculan los lentes y capas de materiales de mayor conductividad hidráulica, las rocas con volúmenes diaclasados o fallados ni la ubicación completa de manantiales, moyas, pozos y humedales presentes en la zona.

6.3 Componente Geomorfológico

Se debe recalcar que en el EIA no se realizó una subdivisión en las unidades de llanura aluvial y terrazas lo que en términos prácticos puede aceptarse debido a que ambas zonas son inundables, sin embargo, teniendo en cuenta la información disponible para realizar la caracterización geomorfológica del APE; imágenes satelitales y fotografías aéreas del IGAC, así como la escala solicitada de al menos 1:25000, era posible, como lo evidencia este estudio, realizar esta división y dar más detalle al estudio. Adicionalmente, la construcción del mapa geomorfológico presentado en el EIA no muestra un control de campo para el establecimiento de las unidades, este se realizó simplemente empleando el mapa de pendientes obtenido mediante el modelo de elevación digital.

Del análisis hecho con base en la información derivada del DEM, en donde se indica para cada unidad geomorfológica, que porcentaje tiene pendientes menores a 11 grados y de eso que porcentaje tiene laderas con geometría cóncava, se encontró que la principal unidad geomorfológica que favorece la acumulación e infiltración del agua es el Cauce Aluvial, seguido de los Vallecitos inundables y la planicie de inundación. Luego le siguen en importancia la terraza aluvial sub-reciente, seguida de la terraza aluvial antigua y por último el Lomerío Seco.

El EIA no hace referencia a la delimitación de zonas inundables en los valles de los lomeríos correspondientes a la unidad geomorfológica Vallecito Inundable, en este estudio se evidencia su importancia en términos de acumulación de agua superficial y la infiltración de la misma y respectiva recarga de aguas subterráneas (acuíferos); todo lo cual repercute en su alta importancia ecológica, hídrica, hidrogeológica y social por lo que estas zonas deben ser preservadas y protegidas de cualquier tipo de actividad que las afecte.

Se reitera que tanto la llanura de inundación del río Pescado, así como las terrazas que la delimitan según el EIA presentan una zonificación de manejo ambiental con exclusión o restricción para la intervención alta por lo que no deben ser intervenidas por la actividad petrolera y la construcción de obras civiles.

Respecto a los procesos de remoción en masa y procesos erosivos, en campo se evidenció la presencia de ambos asociados a las zonas de cambio de pendiente en donde la unidad geomorfológica Lomerío seco pasa a ser Vallecito inundable. Lo anterior pude deberse justamente a que en estos cambios de pendiente es donde ocurre el afloramiento del agua subterránea cuyas fluctuaciones detonan los procesos.

A partir del análisis multitemporal de las fotografías aéreas se pudieron evidenciar pocos cambios en la dinámica fluvial representados por el estrangulamiento de dos meandros del río Pescado volviéndose un curso más recto. Adicionalmente se observaron procesos erosivos y dos distintos tipos de terrazas que no fueron cartografiados por la empresa Emerald Energy.

6.4 Componente Hidrológico

Se ha detectado la inmensa importancia de los procesos de evapotranspiración locales, los cuales son los responsables de las lluvias de la región con un 30 a 90% de recarga positiva dependiendo de la época del año, siendo diciembre y enero una época que beneficia de sobremanera de estas recargas puesto que la llegada de masas húmedas exteriores a la región es mínima (≈10 mm/mes). Son la evaporación en humedales o espejos de agua y su interacción con la vegetación (transpiración), las que garantizan humedad a la atmosfera y distribuyen el agua en toda la región en épocas de verano gracias a las lluvias locales, puesto que las condiciones de alta humedad relativa en la zona (≈80%) y a la variación normal de las temperaturas en el día (21 a 32 °Celsius) generan condiciones de saturación de humedad en la atmosfera después de la hora de máximas temperaturas propiciando la condensación y precipitación del vapor de agua.

El aumento de construcción de vías podría generar problemas de almacenaje y conectividad hídrica en la región, por lo que se sugiere que las intervenciones de este tipo se estudien concienzudamente, analizando las escorrentías superficiales a lo largo de períodos anuales, entendiendo la geometría (secciones transversales al flujo) y régimen hidrológico (clima) de la zona de interés, puesto que una obra sin fundamento y sin permisos requeridos puede acarrear en el deterioro ambiental de la región

La región de interés hace parte de la cuenca Amazónica Colombiana, siendo parte de la frontera agrícola del departamento del Caquetá, por lo que actualmente existe una presión directa sobre los cuerpos de agua superficiales, ocupándose rondas hidráulicas para el cultivo de pastos de ganadería en épocas de estiaje, dinámica económica que aumenta la desforestación de vegetación riparia y de humedal. Dada la geomorfología de estos cuerpos, esas actividades conllevarán la sedimentación por acreción vertical de sus lechos o fondos, situación que induce anomalías en la regulación de las aguas que se relacionan con mayores inundaciones y divagación o movimiento lateral de cauces, por lo que se hace un llamado de atención a la región para evitar la deforestación y fomentar las buenas prácticas agrícolas como sistemas agroforestales y silvopastoriles no solo en zonas de ronda hidráulica o llanuras de inundación sino también en las zonas de lomerío.

6.5 Componente de calidad de aguas

Los análisis realizados en la zona permitieron establecer que el parámetro más asociado a las aguas subsuperficiales, especialmente a los manantiales y moyas fue el pH. A medida que el agua presenta mayor contacto con el suelo, como en el caso de manantiales y moyas, su pH tiende a ser más ácido debido a la acidez característica del

suelo en la zona. A diferencia de estas, las aguas superficiales presentaron los valores más altos de pH –especialmente los ríos–. Estos valores reafirman la relación agua-suelo, la cual depende del tiempo de residencia del agua y su contacto directo con el suelo cuya naturaleza ácida caracteriza la región. Estas condiciones resultan menores para los ríos que para los manantiales y moyas, debido al mayor volumen de agua y el continuo flujo que estos presentan.

Los resultados de sólidos disueltos y conductividad de las aguas subsuperficiales de la zona del APE El Nogal mostraron valores más altos en los aljibes que los registrados en las moyas y manantiales, lo que sugiere que los aljibes presentan un mayor contenido de minerales en solución, especialmente el aljibe de la Escuela La Florida. Esta situación puede explicarse por la profundidad del nivel del agua de cada uno de ellos. En este sentido, se podría pensar que los valores de estos dos parámetros aumentan a medida que aumenta la profundidad del agua. Respecto a los valores de conductividad y de sólidos disueltos, en especial las quebradas y los ríos, reflejan la baja mineralización de las aguas en la zona de estudio, lo cual se puede explicar por la alta pluviosidad registrada casi todo el año. En general, todos los valores registrados se encuentran dentro de los valores normales para aguas naturales e incluso tienden a ser bajos.

El potencial de oxidorreducción (ORP), registró los valores más altos en manantiales y moyas, lo que sugiere que estos cuerpos de agua cuentan con importantes cantidades de oxígeno disuelto disponible; cuanto mayor sea el valor de ORP registrado, mayor será el contenido de oxígeno disuelto disponible y mejor la calidad de las aguas.

De los parámetros fisicoquímicos restantes objeto de análisis de laboratorio, se destaca el contenido de fenoles en el aljibe de la Escuela La Florida el cual reportó una concentración cinco (5) veces por encima del límite estipulado para agua de consumo humano definido en el Decreto 1594 de 1984. Su origen, que puede natural o por actividades industriales, domésticas o agrícolas, es una situación de interés especial debido a que tiene efectos perjudiciales sobre la calidad y la condición ecológica de los ecosistemas acuáticos y la salud de la población.

El resto de parámetros analizados en laboratorio correspondientes a contenidos de iones disueltos en el agua como los cloruros y sulfatos, y metales como el aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, plomo, selenio, cinc y cromo VI, no presentaron concentraciones considerables ni que sobrepasaran los valores límite permisibles para el agua de consumo humano definidos en el Decreto 1594 de 1984, lo que permite concluir que las características fisicoquímicas del agua presente en el APE El Nogal no evidencian contaminación o condiciones desfavorables para la vida acuática o que sugieran un riesgo para la población –salvo la concentración de fenoles registrada en el aljibe Escuela La Florida y la quebrada La Raicita.

En cuanto al riesgo de contaminación, si las aguas dulces (ríos, lagunas, humedales, acuíferos someros) y las aguas saladas (aguas profundas y de formación) llegasen a entrar en contacto, las aguas dulces se tornarían saladas originando un enriquecimiento de iones y de trazas de compuestos metálicos tales como aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, plomo, selenio, cinc, cromo, níquel y otros elementos químicos representativos de aguas profundas o aguas de formación, que derivaría en un deterioro de la calidad del agua. Lo anterior, no permitiría el uso del agua de ríos y acuíferos más someros que hayan tenido contacto con estas aguas para actividades domésticas,

agropecuarias y de consumo humano, las cuales hoy día se llevan a cabo en el área rural de Valparaíso y Morelia.

El EIA elaborado por la compañía Emerald Energy no contiene información detallada y rigurosa del riesgo de contaminación de aguas por vertimientos de efluentes industriales. En el EIA no se consideran aspectos importantes como ubicación de pozos inyectores, volumen y características fisicoquímicas del agua a reinyectar, y un análisis riguroso del riesgo de contaminación por el contacto de aguas profundas o de formación con aguas superficiales y acuíferos someros realizados principalmente mediante las técnicas de reinyección de aguas al subsuelo y el riego en campos de aspersión.

En los resultados del modelamiento de los vertimientos de aguas industriales mediante campos de aspersión existen varios errores en la concepción del mismo al no considerar el volumen de agua objeto de aspersión, no realizar un adecuado análisis de las variables hidroclimatológicas, y la ausencia de muestras en campo para la estimación de las propiedades hidráulicas del suelo.

Resulta incomprensible el uso de los referentes de calidad del agua de la cuenca Llanos y la alusión al bloque Capella puesto que para ninguno de los dos se presenta información clara de su asociación con las hasta ahora desconocidas características fisicoquímicas de las aguas de formación en el APE El Nogal. En primer referente no es válido debido a que el EIA no referencia con detalle información fisicoquímica de las aguas de formación allí encontradas y tampoco el segundo referente porque si bien pueden establecerse equivalencias temporales entre unidades de cuencas sedimentarias diferentes, no es posible establecer equivalencias entre las características fisicoquímicas del agua.

Las muestras de agua superficial y subterránea monitoreadas por la compañía Emerald E. no presentaron justificación alguna de su representatividad espacial y temporal. De manera que estos puntos no proporcionan la información necesaria para toda el área de perforación exploratoria que alcanza las 19.762 ha, lo cual significa que el indicador de puntos de caracterización y monitoreo de aguas superficiales es de aproximadamente 1 cada 2000 ha y de monitoreo de aguas subterráneas es de aproximadamente 1 cada 5000 ha.

Dado el desconocimiento de la calidad del agua asociada a la formación presente en el APE Nogal y al uso de lodos de perforación durante las etapas exploratoria y de producción, resulta pretencioso y arriesgado llegar a unas calidades como las que reporta el modelo de vertimientos de aguas residuales industriales en campos de aspersión presentado en el EIA empleando un tratamiento primario o convencional como único sistema de tratamiento.

Debido a que el agua somera es la principal fuente para abastecimiento de la población en la zona, principalmente para consumo humano y uso doméstico, existe un riesgo sanitario potencial al presentarse la contaminación de estas fuentes por disponer las aguas residuales domésticas e industriales en campos de aspersión o infiltración sin el adecuado tratamiento; es decir, realizando únicamente un tratamiento primario como el propuesto por Emerald E. y no un tratamiento secundario como es recomendado.

6.6 Componente Ecosistémico, flora y fauna

Afectación de los ecosistemas por fragmentación y pérdida de Bosques

La alteración de los ecosistemas en el área ha traído como consecuencia la fragmentación y reducción del bosque, presentándose actualmente como pequeños parches con diferentes estados sucesionales, inmersos en una matriz de pastos y cultivos. Las coberturas de vegetación naturales actuales se convierten en relictuales de los ecosistemas fragmentados de los Bosques de tierra firme y los Bosques inundables y de Galería. Entremezclados con los bosques de tierra firme, se encuentran áreas de humedales, inundadas de manera permanente o temporal, que no solamente conservan el hábitat de un importante número de especies de plantas y animales, muchas de ellas endémicas, sino que también son fuentes importantes de mecanismos de regeneración del mismo ecosistema, ya que pueden mantener bancos de semillas, y de plántulas de especies que latentes en las capas de suelo. De igual forma estos parches de bosque son el hábitat para la fauna local, que funciona como dispersora y catalizadora en la germinación de especies de la misma flora. Por otra parte, los ciclos de vida de los organismos de vida acuática y los que viven en la interfase tierra-agua, tienen lugar en los hábitats de los humedales y están determinadas por las condiciones específicas del comportamiento hídrico en cada momento del año.

La conservación de las zonas relictuales de bosque aseguraría el mantenimiento de dinámicas funcionales del ecosistema, así como las acciones necesarias en procesos de restauración del mismo, en pro del mantenimiento de los servicios ambientales que brindan para el entorno. Los pequeños parches aislados de bosques dentro de la configuración fragmentada de la vegetación cumplen un papel muy importante en el mantenimiento de la funcionalidad del ecosistema a escala del paisaje, ya que en algunos casos sirven como puntos conectores entre corredores ambientales, al servir como refugios y contenedores de recurso provisional en el paso de fauna. Los corredores biológicos al presentar una mayor continuidad de la cobertura vegetal son importantes para la movilidad de las especies de fauna y la dispersión de semillas, por ejemplo, se convierten en hábitats esenciales para mantener la cohesión de los grupos sociales de las poblaciones de monos. Los fragmentos remanentes de Bosques, necesitan una gran atención, ya que tienen un papel importante en la conectividad biológica del área. Por lo tanto cualquier intervención puntual en los mismos agravaría el estado relictual en el que ya se encuentran y causaría gran impacto en la dinámica de los mismos.

El sistema de humedales en el área, tiene grandes implicaciones en los aspectos socioculturales y económicos en el territorio, representan una alta proporción de variedad de tipos y en el área estudiada son de gran importancia ambiental ya que de su dinámica dependen la oferta de agua y de su calidad, y además el sistema productivo de ganadería, agricultura y la cultura de los habitantes que viven en estos territorios.

Los relictos de bosque identificados se convierten en áreas de alta importancia ecológica, por el valor biótico que representan. A la vez deben ser manejados como generadores de dinámicas de conectividad y fuente para activar los mecanismos de restauración de ecosistema, dado que el área presenta un alto porcentaje de transformación.

Implicaciones de actividades productivas en el territorio, acciones de manejo para su defensa y conservación

En la región existe una gran presión por la obtención de recursos primarios del bosque, por ejemplo la madera y animales de caza, así mismo por la ampliación de áreas ganaderas, entre otras actividades de gran impacto, lo cual pone en riesgo la permanencia de los remanentes de vegetación natural. Es por esto que se sugiere

plantear en los planes de manejo para el área, propuestas sustentables de uso y aprovechamiento, en donde se contemplen programas de restauración ecológica participativa del bosque. Dentro de éstos programas se sugieren acciones de enriquecimiento de áreas que pueden funcionar como puentes conectores entre los fragmentos de bosque aislados, en donde la siembra de diversidad de especies nativas que provean alimento, puedan a futuro ser fuente de madera o recursos para la fauna . Esta acción, es también una alternativa para permitir el establecimiento de poblaciones de especies de pequeños mamíferos, los cuales son recurso proteínico alternativo de las comunidades de campesinos en la región, no obstante es de aclarar que las poblaciones de fauna se mantienen si se les permite renovarse, lo cual se logra con veda o prohibición de la caza por algunos periodos de tiempo. De igual forma se recalca que la conservación, restauración y búsqueda de la conectividad del bosque sustenta proyectar el mantenimiento de servicios ambientales que presta, como son la conservación de las especies, la regulación del agua y la reducción de los riesgos por pérdida de suelo e inundación, entre otros.

Lo anterior sumado a la importancia de preservar las zonas de humedales reportados dentro del bloque el Nogal, los cuales están muy relacionados con la dinámica del agua y los pulsos de inundación de los principales ríos, que son sustento base desde el componente ecosistémico, en la defensa del territorio y el agua. Estos remanentes de selva y humedales, se convierten en “intocables” y deben ser conservados y preservados de cualquier tipo de actividad que las afecte ya que presentan una alta vulnerabilidad en la zona, ante las actividades extractivas de gran impacto de explotación de hidrocarburos.

Las actividades relacionadas con la producción petrolera, proyectada por la empresa Emerald Energy, para desarrollar en la región, generarían un gran impacto y alteración ecosistémica por las dimensiones proyectadas dado que se planean las siguientes actividades de acuerdo con la descripción del Proyecto:

- “*La construcción de diez (10) plataformas multipozo en un área máxima de intervención de 6,5 hectáreas para cada una, distribuidas de la siguiente manera:*

- 5 has para plataforma multipozo, áreas para aspersión o infiltración de aguas tratadas, áreas para el almacenamiento temporal de residuos, áreas para manejo de cortes, áreas para el montaje de las facilidades requeridas durante la etapa de perforación y de las pruebas extensas, campamentos de personal de pozo y contratistas, almacenamiento de tubería, entre otros;

- 5 has para el personal de seguridad física

- Una (1) hectárea para la adecuación de una zona de disposición de material sobrante - ZODME.

- Perforación de hasta cinco (5) pozos exploratorios potencialmente productores de hidrocarburos, con una profundidad estimada de entre los 3000 y 7000 pies; utilizando lodos base agua. Perforación de un pozo inyector (disposición de agua) por plataforma y la perforación de un pozo para exploración de agua subterránea”.

Implicaciones en la dinámica y calidad del agua

El impacto directamente sobre la dinámica y calidad del agua se dimensiona con los altos requerimientos de agua para la actividad de extracción del petróleo, así como con la inevitable contaminación del agua que retornan al subsuelo y distribuyen en la zona, lo

cual implica alteración de los humedales y por tanto reducción del agua potencial para el uso y consumo de las poblaciones de campesinos locales. Como lo describe el proyecto para la adquisición del recurso hídrico necesario para el desarrollo de las actividades se plantean las siguientes opciones:

"*- Realizar captación de aguas superficiales de las quebradas La Raicita, Morrocoy y La Rochela y los ríos Pescado y Bodoquero, Caudal solicitado: 6 l/s por punto. Se solicita poder captar de hasta 3 puntos de forma simultánea.*

- Se solicitará permiso para exploración de agua subterránea mediante la perforación de un pozo profundo en cada plataforma.

- Compra a terceros autorizados, previa verificación de disponibilidad y capacidad suficiente para suplir las necesidades del proyecto.

- Re uso de aguas asociadas previamente tratadas

- Uso de Aguas lluvias provenientes de las zonas de préstamo y las colectadas por otro sistema, en el marco de la ley 373 de 1997".

Como se detalla, la empresa Emerald Energy, proyecta la construcción de pozos de extracción en zonas establecidas cerca de corrientes de agua y con alto potenciales de inundación, en donde se presentan remanentes de vegetación natural, como bosques de galería, bosques inundables, y humedales que cumplen una función de amortiguación de los procesos de inundación de los ríos, así como de ser filtros de factores contaminantes adquiridos aguas arriba. No obstante, el uso y contaminación de aguas que se puedan presentar por las obras de intervención petroleras puede generar un cambio drástico de las condiciones químicas del agua, lo cual es determinante en la alteración del frágil equilibrio que mantiene aún las áreas con vegetación natural, y puede repercutir en la muerte de individuos de especies poco tolerantes a la alteración, lo que conlleva a la afectación y perdida de remanentes de vegetación natural en zonas inundables. De igual manera se aumenta el riesgo de reducción de agua para consumo y uso en actividades productivas, incluso el mismo sistema de ganadería y/o plantaciones o agrícola, por parte de las poblaciones humanas presentes en la región, quienes son los más afectados por la alteración y deterioro de su entorno natural, ya que de él dependen para su subsistencia.

Afectación sobre la biodiversidad y la pérdida de hábitat por fragmentación

La pérdida de coberturas vegetales por el plan de aprovechamiento forestal y las actividades paralelas en obras lineales dejaría expuesta el área a un continuo deterioro por erosión o pérdida de suelo como resultado del efecto de la fuerza del agua, que aumenta los riesgos de inundaciones más frecuentes y con mayor intensidad en las épocas de crecientes así como el aumento de la fragmentación de las coberturas de vegetación relictual. "Teniendo en cuenta que no se tiene certeza de la ubicación puntual de las plataformas de perforación exploratoria y por ende del trazado de las vías de acceso a las mismas, se presenta la solicitud del permiso de aprovechamiento forestal en factor de volumen por tipo de cobertura vegetal de 3433,42 m^3".

Las actividades de construcción lineal contemplan:

"*Construcción de las vías de acceso a las plataformas a construir, partiendo desde las vías existentes en el área y siguiendo en lo posible, los senderos peatonales existentes; las longitudes máximas estimadas por vía de acceso son de 10km.*

"La construcción de las líneas de flujo para transporte de fluidos se tenderán paralelas a las vías de acceso a los pozos y las vías internas del área de perforación exploratoria o por corredores específicos de 10 m de derecho de vía".

"En las ocupaciones de cauce, sobre los cuerpos de agua del área susceptibles a ser intervenidos por las actividades de construcción de las ocupaciones de cauces requeridas para vías, líneas de flujo y eléctricas se realizarán:

- *Ocupaciones de cauce por vías nuevas a construir de acceso puntual a las plataformas*
- *Ocupaciones de cauce sobre las vías existentes y que no cuentan con obras de arte*
- *Ocupaciones de cauce sobre las vías existentes y que aunque cuentan con obras de arte son susceptibles de adecuaciones*
- *Sitios propuestos para captación de agua superficial*
- *Construcción y tendido de líneas eléctricas*"

Respecto a los procesos de cambios que han llevado a la región a la pérdida de bosques, la praderización y la degradación de los bosques, implica para la región el control del avance de la actual frontera pecuaria, que genera también impactos negativos y enormes costos en procesos de restauración ecológica. Un cambio a sistemas de tipo agroforestal o silvopastoril, que vuelva a la región competitiva con renglones como los maderables de alto valor económico. Igualmente existe el reto de consolidar alternativas de aprovechamiento sostenible de los bosques en pie. En este caso puede haber renglones como los productos forestales, pero también los no maderables, lo mismo que el turismo ecológico que se podrían aplicar y empezar desde ahora mismo y bajo programas bien planificados. Existen estrategias de mitigación de los efectos negativos de estas prácticas que pueden ayudar a buscar alternativas para promover una producción sustentable.

A partir de anterior análisis, se sugiere establecer estrategias de manejo, que contemplen acciones que ayuden a la protección del territorio. Por ejemplo la generación de áreas de protección de la sociedad civil en pro de conservar remanentes de ecosistemas de bosque y de humedales, pueden reducir el interés de implementación de actividades de gran impacto en el territorio. Así mismo se sugiere implementar estrategias de producción sostenible para las actividades económicas desarrolladas en la región. En el caso de la ganadería se puede contemplar la rotación del ganado en áreas más pequeñas y controladas y tecnificadas, lo cual reduciría el impacto de la continua extensión de áreas para ganadería y por ende detendría la deforestación de los remanentes de vegetación natural, así como la desecación de los humedales. Para el caso de las actividades agrícolas, siendo éstas reducidas en la región y en algunos casos restringidas a las áreas de vega de los ríos, se pueden aplicar estrategias que busquen el autoabastecimiento de las familias campesinas, en donde la implementaciones de programas ya adelantados en la zona, conocidos como " sistema de finca amazónica" , complementada con la reducción de agroquímicos y aumento de estrategias de control biológico, así como el uso de estrategias para la transformación y conservación de alimentos que ayuden a prolongar su tiempo de uso, son prácticas que le dan herramientas a la comunidad para que se apropien de los procesos de cambio y protección de su territorio, direccionados a la sostenibilidad y preservación de su entorno y forma de vida.

Por último, todo el bloque del APE Nogal se encuentra inmerso en su totalidad en un área biogeográfica importante para el país y se demuestra con la presencia de especies endémicas de flora y fauna y de numerosas especies en diferentes categorías de amenaza.

6.7 Componente Sociocultural

Las comunidades campesinas de Morelia y Valparaíso, son comunidades con fuertes lazos comunitarios y con gran cohesión en sus procesos organizativos. Dependen en gran medida de sí mismos y de sus Juntas de Acción Comunal, ya que el Estado y el gobierno departamental se encuentran prácticamente ausentes. Son comunidades que viven en condiciones muy difíciles, donde el único servicio público disponible es la energía eléctrica. Así mismo, el acceso a la salud y a la educación es precario, contando con un centro de salud por núcleo veredal con muy pocos recursos, y con escuelas con dotación mínima y alta inestabilidad docente.

Por otro lado, una gran parte de estas familias han sido víctimas del conflicto armado y de desplazamiento forzado por parte de paramilitares y guerrillas. La mayoría de las familias visitadas durante el trabajo de campo en Valparaíso hicieron parte del programa de Familias en su Tierra de Prosperidad social. Son personas que han tenido que vivir fuertes períodos de violencia, y ahora ven amenazada la relativa tranquilidad que vivía antes de que iniciara este proceso. Así mismo, desde que se lleva a cabo la oposición y la resistencia, han sido víctimas de atropellos por parte de la fuerza pública, se han sentido ignorados por el gobierno, y algunos hasta han temido por sus vidas y su seguridad.

Aunque se han desmovilizado las FARC y los grupos paramilitares, en la zona aún hay amenazas de grupos armados, disidencias y nuevas bandas criminales. La realización de proyectos petroleros en estos territorios aumenta la vulnerabilidad de la población frente a este tipo de amenazas, especialmente en el caso de líderes sociales y aquellas personas que se han manifestado en contra de la actividad petrolera.

Como se puede ver a lo largo de este informe, una de las principales preocupaciones de las comunidades frente a la actividad petrolera es el agua. Las personas de estas áreas rurales viven del agua de los nacederos que tienen en sus fincas, esa es el agua que utilizan para subsistir puesto que no hay acueducto en ninguna de las veredas visitadas. Ésta preocupación no es infundada, ellos conocen a fondo el territorio que habitan y tienen conocimiento de sequías y problemas de abastecimiento en otras áreas del país. Por otro lado, los gobiernos locales y el gobierno departamental han hecho gran énfasis en la riqueza hídrica del departamento de Caquetá, reconociendo que el agua que allí nace debe ser protegida. Por esto, desde que Emerald Energy y C&MA iniciaron los procesos de socialización y trataron de realizar los estudios para el EIA, las comunidades se manifestaron enfáticamente en contra de sus actividades y la gran mayoría evitó que entraran a sus veredas. Sin embargo, sintieron la necesidad de acudir a la protesta y movilización social ya que se sintieron ignorados por parte de autoridades ambientales, y sus derechos vulnerados por parte de la empresa.

Las actividades petroleras son vistas como una amenaza para estas comunidades que han sido atropelladas y vulneradas históricamente. Con la intervención de la fuerza pública en las manifestaciones de los campesinos, ésta amenaza cobró mayor fuerza. Varios campesinos y campesinas denunciaron ante los ministerios públicos que fueron agredidos, sus fincas dañadas, sus animales heridos, y sus vidas puestas en peligro por

parte del ejército, la policía y el ESMAD que llegaron a hacer presencia desde junio de 2015.

Con esto en mente, es necesario que se revisen los hechos denunciados por la comunidad, y se tenga en cuenta el grado de desarraigo que se presenta en las comunidades por las acciones de Emerald Energy y sus contratistas, y en general por las actividades de explotación y exploración petrolera.

6.8 Componente Económico

El desarrollo de actividades petroleras en regiones que se caracterizan por la presencia abrumadora de actividades tradicionales básicas (agricultura y ganadería), con una institucionalidad débil, una frágil cohesión social debido a la naturaleza rural de las zonas de afectación directa, sin mano de obra calificada y una precaria infraestructura vial, conlleva a la destrucción del modelo de producción vigente, distorsiones del mercado, inflación local y el abandono de actividades tradicionales (enfermedad holandesa), que con apoyo estatal podrían ser la base de economías sostenibles y comunidades con futuro alejadas de bonanzas transitorias.

Esta conclusión no responde a sesgos ideológicos o posturas ambientalistas, sino al estudio y análisis de las experiencias vividas por municipios y habitantes de los departamentos de Arauca, Meta y Casanare, donde proyectos petroleros a gran escala arrojaron con el paso de los años graves disturbios en sus dimensiones ambientales, sociales y económicas. Las consecuencias están a la vista de todos y para la muestra la postración de municipios petroleros como Puerto Gaitán, Meta, que en otros tiempos fue una prospera región basada en la agricultura y la ganadería.

En numerosas regiones del país, incluso en países, que tienen un perfil productivo como el que caracteriza actualmente la economía de Caquetá, la llegada de un proyecto petrolero de las dimensiones expresadas en el EIA, genera distorsiones con graves consecuencias económicas, sociales y ambientales.

Para hacer gráfico este hecho, piensen ustedes en una bicicleta compitiendo con una tractomula y en lo que quedaría convertida la primera, cuando la segunda pase por encima. Veamos en primer lugar en que consiste el proyecto propuesto por la compañía Emerald Energy Colombia, es decir, por el conductor de la tractomula.

Impactos y efectos del proyecto de perforación exploratoria

Los impactos ambientales y sociales son objeto de estudio en otras secciones de este documento, así que este aparte se concentrará en los impactos económicos.

- Un primer gran impacto tiene que ver con la movilización de maquinaria pesada, combustibles, miles de metros de material de construcción, tubería, equipos de perforación, químicos para la preparación de lodos de perforación, construcción de piscinas para el tratamiento de las aguas residuales y lodos, campamentos y oficinas.
- Se trata entonces del uso de vías que actualmente son utilizadas por los habitantes del territorio para llevar sus productos al mercado y traer los bienes para su subsistencia. El paso de enormes y pesados camiones implica daño en las

vías, levantamiento de polvo y particulados dañinos para la salud, riesgos para los peatones, ciclistas y motociclistas.

- Para la construcción de este proyecto a gran escala se van a requerir un buen número de trabajadores. La demanda de trabajadores no calificados y los mayores salarios ofrecidos en la industria petrolera hacen que las personas a cargo de actividades de bajos ingresos, busquen emplearse en la empresa petrolera o contratistas, abandonando las fincas y otras actividades de baja remuneración.
- Como observamos en la primera parte de este trabajo, la agricultura y la ganadería no son actividades competitivas, ni con altos niveles de remuneración, de manera que serán los trabajadores del campo quienes busquen en primer lugar un trabajo con la petrolera.
- El abandono de las actividades del campo será una de las primeras consecuencias del proyecto petrolero, así como la disminución de los niveles de producción agrícola y pecuario que, como vimos, constituyen un pilar para el desarrollo sostenible del departamento. Esto es lo que los especialistas llaman “la enfermedad holandesa”.
- El auge de empleo con salarios o jornales superiores a los vigentes en las actividades tradicionales induce también la migración de personas de otros municipios o regiones del país en busca de trabajo.
- El crecimiento poblacional por la migración de trabajadores de otras regiones desborda la oferta de bienes y servicios de los municipios (sitios para arrendar, servicios públicos, gestión institucional y alimentos, entre otros), y el desequilibrio entre la oferta y demanda se ajusta mediante un alza de los precios, entre ellos, de los artículos de primera necesidad. Esto es lo que los especialistas llaman una inflación local.
- Los mayores precios, aunque implican una oportunidad para comerciantes que traen productos de otros municipios o regiones, afectan especialmente a las personas o familias que no logran vincularse a la petrolera y que por tanto se mantienen con los mismos ingresos, y no pueden adquirir lo que necesitan para vivir;
- En la caracterización sobre niveles de vida e ingresos de la población observamos que especialmente los productores de leche atraviesan dificultades y sus ingresos apenas alcanzan para vivir. Piense ahora que el auge petrolero dispara los precios de la canasta básica y las familias tendrán que privarse de bienes que actualmente con dificultad pueden comprar, pero mañana no, debido a los mayores precios. Esta situación se traduce en una reducción de la calidad de vida de la población en general
- Una bonanza pasajera de ingresos para las personas que consiguen un empleo petrolero, los que logran alquilar vehículos a las compañías o proveerle algunos bienes o servicios, golpea simultáneamente las actividades tradicionales de los municipios, especialmente aquellas de baja remuneración o ganancias.
- La mano de obra no calificada del Caquetá o proveniente de otras regiones tendrá empleo en las fases de la industria petrolera que los requiera, como es la fase de construcción y montaje. Después estarán sin empleo, pero acostumbrados a altos ingresos. Muchos de ellos, intentaran reengancharse a los turnos ofrecidos por las

compañías (malleros), o a rebuscarse recursos para vivir a como dé lugar. Algunos de ellos, caerán en la delincuencia para sobrevivir o terminarán cultivando coca que, como observamos antes, no es una actividad ajena al departamento.

- En el caso de Caquetá y de los municipios del área de influencia directa, son las actividades agropecuarias las llamadas a sufrir los rigores de la bonanza petrolera. Las bonanzas de la industria petrolera son temporales para las regiones, pues la actividad cesa si no se llega a un descubrimiento comercial o finaliza cuando las reservas se agoten y entonces el volumen de empleo caerá a su mínimo, como sucedió en los departamentos de Arauca, Meta y Casanare.
- Frente a una economía frágil, como observamos antes, una actividad cíclica como es la petrolera genera espejismos en su fase ascendente, pero las distorsiones en los precios, salarios y producción serán profundizadas en la fase descendente del ciclo. El descenso de la actividad petrolera se lleva por delante a las economías locales, más cuando la política petrolera y minera no adopta medidas anticíclicas y de ahorro en las “épocas de vacas gordas, para gastar en las épocas de vacas flacas”.
- La experiencia en otras regiones ante bonanzas petroleras o mineras ha sido la de un auge de fenómenos de corrupción público-privada, fortalecimiento de organizaciones armadas ilegales en busca de recursos para financiar sus actividades, una mayor presencia represiva del Estado, el desbordamiento de la delincuencia común y el uso de drogas entre la población.
- La experiencia en otros departamentos del país señala que la actividad petrolera genera impactos irreversibles sobre los recursos hídricos de las zonas donde opera. Si los sectores sobre los cuales se sustenta la riqueza y sostenibilidad del departamento –agricultura, ganadería y turismo—requieren del agua para su crecimiento y desarrollo, no es aceptable que el sector petróleo diezme el futuro de Caquetá.
- Caquetá, por acción u omisión, no ha potencializado sus ventajas competitivas, la agricultura, ganadería y el turismo, pero esa es una tarea que debería emprenderá, antes de abrir sus puertas a actividades que, si bien tiene también impactos positivos, el balance final es negativo por la supremacía de los impactos que destruyen la economía tradicional, desarticulan las relaciones entre producción, precios y salarios, y desmejoran la calidad de vida de sus habitantes.
- Finalmente advertir, que estos serían los impactos del proyecto en su fase exploratoria, pero que ellos podrían multiplicarse sí la empresa confirma un descubrimiento comercial, que implicaría desde una infraestructura de mayor escala acorde con mayores volúmenes de producción, hasta la construcción de un oleoducto para transportar el crudo hasta donde se pueda conectar a la red nacional de oleoductos.

7. ANEXOS

ANEXO 1. GEOLOGÍA – REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO

ANEXO 2. GEOLOGÍA – INVENTARIO DE MUESTRAS

ANEXO 3. GEOLOGÍA - PETROGRAFÍA

ANEXO 4. GEOLOGÍA – DIFRACCIÓN DE RAYOS X

ANEXO 5. GEOLOGÍA – DATOS ESTRUCTURALES

ANEXO 6. HIDROGEOLOGÍA - PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

ANEXO 7. HIDROGEOLOGÍA - CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA A SATURACIÓN - CARGA VARIABLE

ANEXO 8. HIDROGEOLOGÍA - CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD Y DENSIDAD APARENTE

ANEXO 9. HIDROGEOLOGÍA - SERIES HIDROMETEOROLÓGICAS DE LA ESTACIÓN VALPARAÍSO (44045020)

ANEXO 10. HIDROGEOLOGÍA - CARACTERÍSTICAS DE LAS DIVERSAS COBERTURAS DE LA TIERRA PARA EL AÑO 2002 Y 2016 A ESCALA 1:100.000 BASE CARTOGRÁFICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS AMAZÓNICAS SINCHI

ANEXO 11. FLORA - CARACTERÍSTICAS DE LAS DIVERSAS COBERTURAS DE LA TIERRA PARA EL AÑO 2002 Y 2016 A ESCALA 1:100.000 BASE CARTOGRÁFICA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS AMAZÓNICAS SINCHI.

ANEXO 12. FLORA - CARACTERÍSTICAS DE LAS DIVERSAS COBERTURAS DE LA TIERRA REPORTADAS PARA EL AÑO 2014 A ESCALA 1:25.000, BASADA EN INTERPRETACIÓN DE IMAGEN RAPIDEYE Y LEYENDA CORINE LAND COVER. FUENTE: TNC, GIZ Y AGENCIA ALEMANA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL.

ANEXO 13. FLORA - ESPECIES CON IMPORTANCIA ECOLÓGICA POR RIESGO DE EXTINCIÓN Y RESTRICCIÓN DE MANEJO. LÁMINAS USADAS EN EL TALLER CON LA COMUNIDAD.

ANEXO 14. FLORA - LISTA DE ESPECIES REPORTADAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO, SEGÚN REGISTROS BIOLÓGICOS (SIB) Y EVALUACIÓN DE CAMPO, CORPORACIÓN TERRAE

ANEXO 15. FLORA - FOTOGRAFÍAS DE LAS ESPECIES DE FLORA MÁS REPRESENTATIVA OBSERVADAS EN EL APE NOGAL

ANEXO 16. FAUNA - NÚMERO DE ESPECIES DE AVES OBSERVADAS POR VEREDA PARA EL APE NOGAL, CAQUETÁ.

ANEXO 17. FAUNA - FOTOGRAFÍAS DE LAS ESPECIES DE FAUNA MÁS REPRESENTATIVAS OBSERVADAS EN EL APE NOGAL

ANEXO 18. ECONÓMICO - CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA – DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ

ANEXO 19. COMPILADO DE PUNTOS HIDROGEOLÓGICOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Porosidad intergranular....16
Figura 2.Porosidad intergranular....16
Figura 3.Porosidad por disolución....17
Figura 4. Porosidad por fracturamiento....17
Figura 5. Puntos de control realizados por el equipo de geología y geomorfología....18
Figura 6. Localización de control geológico....23
Figura 7. Microfotografía con vista en nicoles paralelos (JF-06). Aumento de 5x....30
Figura 8. Microfotografía con vista en nicoles cruzados (JF-06). Aumento de 5x....30
Figura 9. Sección delgada de litoarenita con cemento calcáreo (JR-18)....33
Figura 10. Microfotografía con vista en nicoles paralelos (JR-18). Aumento de 10x....34
Figura 11. Microfotografía con vista en nicoles cruzados (JR-18). Aumento de 10x....34
Figura 12. Perfil del apique 1....36
Figura 13. Perfil del barreno 1....39
Figura 14. Perfil del barreno 3....41
Figura 15. Perfil del barreno 5....43
Figura 16. Perfil del apique 4....44
Figura 17. Perfil del apique 2....47
Figura 18. Perfil del apique 3....50
Figura 19. Perfil del barreno 2....51
Figura 20. Comparación de distribución de materiales....53
Figura 21. Perfil del barreno 4....54
Figura 22. Localización de muestras con DRX en el APE....56
Figura 23. Difractograma de la muestra JR-02. Suelo residual del Grupo Orito....57
Figura 24. Difractograma de la muestra JR-13. Depósito aluvial antiguo del río Pescado 58
Figura 25. Difractograma de la muestra JR-15. Depósitos aluviales recientes del río Pescado....58
Figura 26. Comparación de resultados de análisis de DRX....59
Figura 27. Modelos digitales de elevación con y sin interpretación morfotectónica....62
Figura 28. Alineamientos interpretados sobre Modelo digital de elevación....63
Figura 29. Diagrama de frecuencia de direcciones de lineamientos y de fallas inferidas del análisis del modelo de elevación digital del Piedemonte Caqueteño, incluyendo parte del frente de montaña....64

Figura 30. Diagrama de frecuencia de direcciones de lineamientos y de fallas inferidas del análisis del modelo de elevación digital en la zona del APE Nogal 64

Figura 31. Diagrama de frecuencia de direcciones fracturas medidas en campo de la zona del APE Nogal 66

Figura 32. Diagrama de frecuencia de polos para los datos de estratificación medidos. Los datos corresponden a estratos horizontales o muy suavemente inclinados..... 67

Figura 33. Sección delgada de lodolita arenosa laminada (JF-06)..... 68

Figura 34. Distribución de los eventos sísmicos registrados en el catálogo de la RSNC dentro y a 25 km del APE Nogal diferenciados por magnitud. 70

Figura 35. Distribución de los eventos sísmicos registrados en el catálogo de la RSNC dentro y a 25 km del APE Nogal diferenciados por profundidad 70

Figura 36. Frecuencia de eventos sísmicos por año registrados por la RSNC para el área a analizar del APE Nogal 71

Figura 37. Gráfica de la cantidad de sismos reportados por la RSNC cada año diferenciados por magnitud para el APE Nogal..... 72

Figura 38. Gráfica de la cantidad de sismos reportados por la RSNC cada año diferenciados por profundidad para el APE Nogal. 72

Figura 39. Ubicación y distancia del sismo histórico más cercanos al APE Nogal. 73

Figura 40. Representación esquemática de un circuito en donde se incluye el suelo como resistencia y para determinar la resistencia del mismo se mide la caída del potencial asociada a la resistencia 78

Figura 41. Esquema de ubicación de electrodos en el subsuelo, en donde los puntos A-B corresponden a electrodos de corriente y los puntos C-B puntos en donde se mide la diferencia de potencial..... 78

Figura 42. Rango posible de resistividad de materiales..... 79

Figura 43. Saltos en la curva asociados a variaciones laterales producidas por lentes de menor conductividad 82

Figura 44. Equipo ABEM 1000 y tendido en campo..... 83

Figura 45. Ubicación de sondeos eléctricos verticales..... 84

Figura 46. Interpretación de datos de resistividad aparente del sondeo HDG-1..... 85

Figura 47. Sondeo HDG-1 a la derecha Cargabilidad y la izquierda resistividad. Las cruces representan los valores medidos en campo y la línea continua representa el ajuste generado por el modelo teórico de capas o rectángulos dibujados en el modelo 86

Figura 48. Ajuste e interpretación del sondeo 5 ubicado en La Bolivia 87

Figura 49. Ajuste e interpretación de sondeo 8 ubicado en La Reforma..... 88

Figura 50. Ajuste e interpretación de sondeo 10 ubicado en La Reforma..... 89

Figura 51. Anillos Munz ubicados en campo 90

Figura 52. Gráfico de infiltración e infiltración acumulada..... 91

Figura 53. Toma de muestras en campo APE-Nogal 92

Figura 54. Ensayo de carga variable. En este se ilustra las medidas que se toman, principalmente h1 y h2, junto con los respectivos tiempos 92

Figura 55 Curva típica de presión capilar (CRH) o presión negativa para dos tipos de suelo sobre el nivel freático, en cada una de ellas se puede ver la presión capilar para la cual el suelo se encuentra aún saturado y la capacidad de campo o mínimo porcentaje de agua retenido 93

Figura 56. Curvas de retención de humedad y conductividad hidráulica 94

Figura 57. Ubicación de calicatas (a la izquierda) y pruebas de infiltración (derecha) teniendo en cuenta la ubicación de las unidades de suelo definidas para el APE-NOGAL por EMERALD 95

Figura 58. Muestreo de datos de Conductividad y sortividad para prueba de infiltración JR-02. Een color negro las muestras generadas para método Bayesiano y en color verde la evolución del método de temple simulado 96

Figura 59. Histograma de parámetros hidráulicos de modelo Philip obtenidos de muestreo con algoritmo de metrópolis, a la derecha conductividad hidráulica y a la izquierda sortividad 97

Figura 60. Representación de datos medidos en campo y modelo teórico Philip para diferentes cuartiles y el MAP 97

Figura 61. Curvas de infiltración acumulada de las pruebas llevadas a cabo en el APE-Nogal 98

Figura 62. Curvas de retención de humedad para las muestras de suelo tomadas en el APE-Nogal 100

Figura 63. Ubicación aljibe puerto México 102

Figura 64. Curvas diagnóstico de prueba bombeo en el aljibe del predio Puerto México. 103

Figura 65 Ubicación de estaciones climatológicas en cercanías del APE Nogal 105

Figura 66. Evaporación registrada en la estación La Mono 105

Figura 67. Curva doble de masas para estaciones climatológicas ubicadas en cercanías del APE-Nogal 107

Figura 68. Promedios diarios de la Humedad relativa, la precipitación y la Temperatura mínima para los intervalos definidos en la Tabla 5. La línea negra corresponde al primer intervalo, la verde al segundo intervalo y la roja al promedio total 108

Figura 69. Serie de ETP calculada con CROPWAT para un año promedio. 108

Figura 70. Condiciones de distribución de raíces en profundidad y humedad inicial del subsuelo 110

Figura 71. Flujo potencial en superficie, el cual depende únicamente de las condiciones externas al modelo en este caso las condiciones atmosféricas 111

Figura 72. Flujo real en superficie 111

Figura 73. Escorrentía superficial generada en el APE-Nogal.....112

Figura 74. Evolución del frente de humedad para los puntos de observación definidos 8 (Negro), 41 (Azul), 97 (Verde), 137 (Azul) y 180 cm (Rojo).....113

Figura 75. Evolución de la concentración del soluto en los puntos de observación.....113

Figura 76. Mapa de estaciones geomorfológicas. Elaboración propia. 116

Figura 77. Elementos geomorfológicos por identificar y las convenciones a ser utilizadas en el proceso de interpretación de fotografías aéreas. Fuente: Modificado de Verstappen & van Zuidam, (1991).....118

Figura 78. modelo de sombras a 315° y Mapas de pendientes. Fuente: Elaboración propia.....119

Figura 79. Mapa de zonas inundables. Fuente Elaboración propia.....119

Figura 80. Mapa de unidades geomorfológicas para la zona de estudio según IGAC, (1999).....121

Figura 81. Sistemas morfogenéticos de la zona de estudio.....123

Figura 82. Tablas con los rangos de algunos atributos de morfología y morfometría. Fuentes: (Van Zuidam, 1985) y (Damen, 1990). 126

Figura 83. Esquema de jerarquización geomorfológica. Fuente: Carvajal Perico, (2012). 127

Figura 84. Mapa Geomorfológico del área de influencia APE El Nogal 128

Figura 85. Mapa Geomorfoestructural y de provincias geomorfológicas de Colombia. Fuente: Modificado de SGC, 1972.....129

Figura 86. Perfil esquemático de la Unidad Lomerío y sus dos subunidades Lomerío Seco y Vallecitos inundables. Fuente: Elaboración Propia con datos tomados en campo con nivel Abney. 131

Figura 87. Aspecto de los orillares del río Pescado 135

Figura 88. Aspecto en campo de la Terraza Aluvial Sub-Reciente.....136

Figura 89. Fotografías aéreas 050 del vuelo C-2180 y 195 del vuelo C-2448 mostrando la morfología de la Terraza aluvial antigua al sur de Valparaíso y en la confluencia del río Pescado y Río Orteguaza. 137

Figura 90. Bloquediagrama mostrando erosión hídrica difusa y concentrada (surcos y cárcavas). Modificado de RE LEE Conservation, (2016).....138

Figura 91 Bloquediagramas esquemáticos de deslizamientos. Fuente: USGS, (2004)...141

Figura 92. Mapa de sombras con el inventario morfodinámico obtenido de la fotointerpretación.....143

Figura 93. Fotografía aérea correspondiente al año 1985, vuelo C-2180, foto 48. nótese una concentración de procesos erosivos al occidente en la zona de Terraza aluvial Antigua (Fta).....144

Figura 94. Fotografía aérea correspondiente al año 1991, vuelo c-2470 y c-2448, foto 74 y 195. Se observa la extensión de la Planicie Aluvial en el río Pescado.....145

Figura 95. Imagen satelital correspondiente al año 2013, Se observa la extensión de la Planicie Aluvial en el río Pescado. 146

Figura 96. Mapa de evolución multitemporal del cauce del río Pescado. Elaboración Propia..... 147

Figura 97. Comportamiento de la tasa de infiltración con la inclinación de la ladera. Fuente: Fox, Bryan & Price, (1997)..... 148

Figura 98. Mapas de Curvaturas y Pendientes clasificadas en mayor o menor a 11 ˚. ... 149

Figura 99. % de geometría de laderas en las unidades geomorfológicas con pendientes menores a 11º 150

Figura 100. Esquema geomorfológico de la zona de estudio 151

Figura 101. Localización de los 62 Humedales (Chuquias, Bosques de Cananguchal, y Cochas o Meandros en abandono)..... 153

Figura 102. Nivel Medio de los ríos principales de la región a lo largo del año..... 154

Figura 103. Localización de los Aforos por Vadeo 156

Figura 104. Representación en 3D de la ubicación y tamaño de las cuencas del Río Pescado y el Río Bodoquero (De Izq a Der. respectivamente) con respecto a la ubicación y tamaño del APE El Nogal Caquetá. 156

Figura 105. Batimetría Río Pescado (X=829673 Y=626674)..... 157

Figura 106. Batimetría Quebrada La Rochela (X=834825 Y=632682)..... 159

Figura 107. Batimetría Quebrada La Morrocoy (X=825370 Y=629087) 160

Figura 108. Batimetría quebrada La Raicita (X=829670 Y=625421) 161

Figura 109. Localización de las Estaciones Meteorológicas Macagual, La Mono, Valparaíso, Milán y San Antonio Getuch con respecto al APE El Nogal 164

Figura 110. Promedio mensual multianual (1981-2010) de precipitación de las estaciones meteorológicas Valparaíso, La Mono, San Antonio Getuch y Milán 165

Figura 111. Promedio mensual multianual (1981-2010) de temperatura de las estaciones meteorológicas Valparaíso, La Mono y Macagual..... 166

Figura 112. Promedio mensual multianual (1981-2010) de temperatura máxima de las estaciones meteorológicas Valparaíso, La Mono y Macagual 167

Figura 113. Promedio mensual multianual (1981-2010) de temperatura mínima de las estaciones meteorológicas Valparaíso, La Mono y Macagual 167

Figura 114. Promedio mensual multianual (1981-2010) de humedad relativa de las estaciones meteorológicas Valparaíso, La Mono y Macagual 168

Figura 115. Promedio mensual multianual (1981-2010) de evapotranspiración potencial de las estaciones meteorológicas Valparaíso, La Mono, San Antonio Getuch y Milán..... 169

Figura 116. Diferencia entre Caudales Medidos y Deducidos para el mes de Agosto en las quebradas La Rochela, La Morrocoy y La Raicita..... 175

Figura 117. localización general de puntos de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas 183
Figura 118. Resultados obtenidos para pH 188
Figura 119. Resultados obtenidos para conductividad 192
Figura 120. Resultados obtenidos para sólidos disueltos totales (TDS) 193
Figura 121. Resultados obtenidos para temperatura 196
Figura 122. Resultados obtenidos para ORP 198
Figura 123. Resultados obtenidos para DQO 201
Figura 124. Resultados obtenidos para SST 203
Figura 125. Mapa con Recorridos de observación (en línea púrpura) para fauna en el APE Nogal 226
FIGURA 126. DISTRITOS Y BIOMAS POTENCIALES DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA 231
Figura 127. Mapa de coberturas de la tierra a escala 1:100.000 Bloque el Nogal 232
FIGURA 128. MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA AÑO 2014 Y ÁREAS INUNDABLES AÑO 2017, PRESENTES EN EL BLOQUE EL NOGAL A ESCALA 1:25.000 241
FIGURA 129. A. MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA 2014 Y ÁREAS INUNDABLES 2017 245
Figura 130. Rutas para la evaluación de la vegetación 253
FIGURA 131. DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS REGISTROS BIOLÓGICOS DE ESPECIES DE PLANTAS 255
Figura 132. Porcentaje de individuos presentes en cada estrato de los remanentes de bosque 264
Figura 133. Curva de acumulación de especies 269
Figura 134. Curva de Singletons 270
Figura 135. Número de órdenes de aves por vereda, área de influencia directa APE Nogal. Elaboración propia 271
Figura 136 Número de especies por orden en cada vereda, área de influencia directa APE Nogal 271
Figura 137 Número de familias por vereda, área de influencia directa ape nogal 272
Figura 138 Número de especies por familia más destacadas en cada vereda, ... 272
Figura 139 Número de especies por grupos de dieta para la avifauna, ... 275
Figura 140 Número de especies por orden y familia de la herpetofauna registrada, ... 276
Figura 141 Número de especies de reptiles y anfibios por familia y vereda, ... 277
Figura 142 Número de especies de mamíferos registrados por orden y familia, ... 279
Figura 143. Potenciales beneficiarios de programas sociales Milán 291
Figura 144. Potenciales beneficiarios de programas sociales Morelia 292

Figura 145. Potenciales beneficiarios de programas sociales Valparaíso.....293
Figura 146. Participación PIB de Caquetá en PIB nacional 2012-2016. 301
Figura 147. Crecimiento PIB departamental Caquetá 2012-2016 301
Figura 148. Participación de grandes ramas de actividad económica en el PIB departamental 2016.....302
Figura 149. Exportaciones y exportaciones en valor (miles de dólares) 2012-2015.....303
Figura 150. Destino del ganado bovino que egresa de Caquetá a mercados internos del país 2016 304
Figura 151. Precio por litro de leche pagado al productor a nivel nacional 2012-2017 (hasta junio) 306
Figura 152. Producción fiscalizada de petróleo en Caquetá vs. Nacional 2013-2016 en Barriles Promedio por día calendario.....307

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Minerales encontrados en análisis de DRX.....56
Tabla 2. Conductividades eléctricas de aguas compiladas.....80
Tabla 3. Parámetros hidráulicos de modelo Philip 99
Tabla 4. Resultados de ajuste de parámetros y compilado de pruebas de laboratorio....101
Tabla 5. Resultados obtenidos de la prueba de bombeo tomado de EIA-APE Nogal 103
Tabla 6. Intervalos seleccionados para análisis de consistencia de los datos 106
Tabla 7. Porcentaje de Vacíos para las estaciones consideradas en el análisis 106
Tabla 8. Caracterización del apique-1 109
Tabla 9. Parámetros hidráulicos considerados en Hydrus 1D 109
Tabla 10. Volúmenes que entran y salen del modelo en un año promedio estimados a partir de valores acumulados del flujo real en la superficie, la escorrentía, la ETP y la precipitación.....112
Tabla 11. Fotografías aéreas que abarcan el APE El Nogal. Elaboración propia 117
Tabla 12. Geomorfoestructuras, Provincias, Regiones, Unidades y subunidades geomorfológicas de la zona de influencia del APE El Nogal. Fuente: Elaboración Propia. 130
Tabla 13. Porcentaje de área de cada unidad geomorfológica con pendientes menores y mayores a 11 ˚.....149
Tabla 14. Porcentaje de geometría de laderas en unidades geomorfológicas con pendientes menores a 11º 149
Tabla 15. Valores promedio multianual de precipitación mensual y ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la región.....165
Tabla 16. Valores promedio multianual de temperatura mensual y ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la región.....166
Tabla 17. Valores promedio multianual de temperatura máxima mensual y ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la región 166
Tabla 18. Valores promedio multianual de temperatura mínima mensual y ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la región.....167
Tabla 19. Valores Promedio Multianual de Humedad Relativa Mensual y Ubicación de las Estaciones Meteorológicas cercanas a la región 168
Tabla 20. Valores promedio multianual de evapotranspiración potencial mensual y ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la región 169
Tabla 21. Características Hidráulicas para cuatro Aforos por vadeo y uno por flotadores, a tres cuerpos de agua en la zona de interés, Agosto 2017. 174

Tabla 22. Caudales de salida del Balance Hídrico a largo plazo para los puntos de concentración de interés. 175

Tabla 23.Parámetros analizados en los puntos de monitoreo y en las muestras de agua llevadas al laboratorio 179

Tabla 24. Criterios de calidad admisibles para la destinación de agua para consumo humano y doméstico, uso agrícola y pecuario y preservación de flora y fauna 180

Tabla 25. Puntos de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas 182

Tabla 26. Requerimientos de envase, preservación y almacenamiento de muestras 185

Tabla 27. Resultados de parámetros *in situ* tomados en la fase de campo 186

Tabla 28. Comparación resultados de pH 191

Tabla 29. Comparación resultados de conductividad 194

Tabla 30. Comparación resultados de sólidos disueltos totales (TDS) 195

Tabla 31. Comparación resultados de temperatura 197

Tabla 32. Resultados de parámetros analizados en laboratorio 200

Tabla 33. Valores de referencia de aguas industriales después del tratamiento en las cuencas petrolíferas Caguán putumayo y llanos 217

Tabla 34. Número de horas por sitio de muestreo 226

TABLA 35. CAMBIOS EN EL ÁREA DE LAS COBERTURAS VEGETALES Y NÚMERO DE ÁREAS, PERIODO 2002-2016 233

TABLA 36. CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO RURAL EN EL MUNICIPIO DE MORELIA 237

TABLA 37. CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO RURAL EN EL MUNICIPIO DE VALPARAÍSO 239

Tabla 38. Categorías de coberturas y áreas con ecosistemas ambientalmente frágiles o sensibles y áreas estratégicas 243

TABLA 39. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES CONTINENTALES PROPUESTO POR LA CONVENCIÓN DE RAMSAR 246

Tabla 40. registros biológicos reportados para el bloque El Nogal y la región 256

Tabla 41. Diversidad de especies en los sitios evaluados dentro del bloque el Nogal 257

Tabla 42. Especies amenazadas reportadas en los registros biológicos para el área de estudio 260

Tabla 43. Datos estructurales de las especies de árboles evaluados en los remanentes de bosque 262

TABLA 44. ESTRATOS DE LOS REMANENTES DE BOSQUE EN EL BLOQUE EL NOGAL 263

Tabla 45. Densidad de individuos leñosos en remanentes de bosque 265

Tabla 46. Características ecológicas de las especies de plantas amenazadas reportadas para APE Nogal. 266

Tabla 47. Representatividad del muestreo en las coberturas vegetales muestreadas. 269

Tabla 48. Diversidad de aves en las veredas visitadas.....270
Tabla 49. Composición taxonómica de la avifauna por vereda, en el Área de Influencia Directa.....270
Tabla 50. Especies de aves amenazadas, migratorias y en listados CITES. 273
Tabla 51. Diversidad de reptiles y anfibios en las veredas visitadas, área de.....276
Tabla 52. Número de individuos de ranas y reptiles por especie, área de influencia directa APE Nogal 276
Tabla 53. Especies de reptiles y anfibios amenazados y en listados CITES. 278
Tabla 54. Diversidad de mamíferos en las veredas evaluadas.....278
Tabla 55. Número de mamíferos por especie en cada vereda, área de influencia directa ape nogal 279
Tabla 56. Especies de mamíferos endémicos, amenazados y en listados CITES, área de influencia directa ape nogal.....281

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Afloramiento 19
Fotografía 2. Obtención de barreno 20
Fotografía 3. Resultado del barreno 20
Fotografía 4. Apique 20
Fotografía 5. Muestras de suelo para laboratorio 21
Fotografía 6. Procesos morfodinámicos 24
Fotografía 7. Lodolitas masivas del Grupo Orito 26
Fotografía 8. Lodolita verde del Grupo Orito 26
Fotografía 9. Lodolita verde del Grupo Orito 26
Fotografía 10. Lodolitas del Grupo Orito 27
Fotografía 11. Lodolita roja del Grupo Orito 27
Fotografía 12. Lodolita roja del Grupo Orito 27
Fotografía 13. Lodolita moteada 28
Fotografía 14. Lodolitas laminadas del Grupo Orito 28
Fotografía 15. Lodolitas laminadas del Grupo Orito 28
Fotografía 16. Lodolita laminada del Grupo Orito 29
Fotografía 17. Alternancia entre arenita y lodolita - Grupo Orito 29
Fotografía 18. Alternancia entre arenita y lodolita - Grupo Orito 29
Fotografía 19. Lodolita arenosa laminada 30
Fotografía 20. Litoarenitas con alto contenido de cemento calcáreo 31
Fotografía 21. Litoarenitas con alto contenido de cemento calcáreo 32
Fotografía 22. Litoarenitas con alto contenido de cemento calcáreo 32
Fotografía 23. Litoarenitas con alto contenido de cemento calcáreo 32
Fotografía 24. Litoarenitas con alto contenido de cemento calcáreo 32
Fotografía 25. Litoarenitas con alto contenido de cemento calcáreo 33
Fotografía 26. Conglomerados del Grupo Orito 35
Fotografía 27. Variación del nivel freático 35
Fotografía 28. Posición geomorfológica del apique 1 36
Fotografía 29. Apique 1 36

Fotografía 30. Nivel freático en apique 1 37
Fotografía 31. Aumento del nivel freático en apique 1 37
Fotografía 32. Muestra JR-04. AP1. 1,90 del horizonte C. Apique 1 37
Fotografía 33. Muestra JR-04. AP1. 1,90 del horizonte C. Apique 1 37
Fotografía 34. Muestra JR-04. AP1. 1,20 del horizonte B. Apique 1 38
Fotografía 35. Muestra JR-04. AP1. 1,20 del horizonte B. Apique 1 38
Fotografía 36. Barreno 1 39
Fotografía 37. Posición geomorfológica del barreno 1 40
Fotografía 38. Muestra JR-02 (1) del horizonte B. Barreno 1 40
Fotografía 39. Muestra JR-02 (1) del horizonte B. Barreno 1 40
Fotografía 40. Muestra JR-02 (2) del horizonte A. Barreno 1 41
Fotografía 41. Muestra JR-02 (2) del horizonte A. Barreno 1 41
Fotografía 42. Barreno 3 41
Fotografía 43. Muestra JRM-04. B.3 del horizonte B. Barreno 3 42
Fotografía 44. Muestra JRM-04. B.3 del horizonte B. Barreno 3 42
Fotografía 45. Barreno 5 43
Fotografía 46. Apique 4 44
Fotografía 47. Muestra JR-22. Ap.4 (3) del horizonte C. Apique 4 45
Fotografía 48. Muestra JR-22. Ap.4 (3) del horizonte C. Apique 4 45
Fotografía 49. Muestra JR-22. Ap.4 (2) del horizonte B. Apique 4 45
Fotografía 50. Muestra JR-22. Ap.4 (2) del horizonte B. Apique 4 45
Fotografía 51. Apique 2 47
Fotografía 52. Muestra JR-13 (4) del horizonte B. Apique 2 48
Fotografía 53. Muestra JR-13 (4) del horizonte B. Apique 2 48
Fotografía 54. Horizonte b en el apique 2 48
Fotografía 55. Muestra JR-13 (1) del horizonte A. Apique 2 49
Fotografía 56. Muestra JR-13 (1) del horizonte A. Apique 2 49
Fotografía 57. Apique 3 50
Fotografía 58. Muestra JR-15. Ap.3 (2) del nivel 1. Apique 3 50
Fotografía 59. Muestra JR-15. Ap.3 (2) del nivel 1. Apique 3 50
Fotografía 60. Muestra JR-15. Ap.3 (1) del nivel 2. Apique 3 51
Fotografía 61. Muestra JR-15. Ap.3 (1) del nivel 2. Apique 3 51
Fotografía 62. Barreno 2 51

Fotografía 63. Muestra JR-14. B.2 (6) del nivel 1. Barreno 2 52
Fotografía 64. Muestra JR-14. B.2 (6) del nivel 1. Barreno 2 52
Fotografía 65. Muestra JR-14. B.2 (2) del nivel 2. Barreno 2 52
Fotografía 66. Muestra JR-14. B.2 (2) del nivel 2. Barreno 2 52
Fotografía 67. Barreno 4 54
Fotografía 68. Muestra JRM-09. B.4 (2) del nivel 3. Barreno 4 54
Fotografía 69. Muestra JRM-09. B.4 (2) del nivel 3. Barreno 4 54
Fotografía 70. Muestra JRM-09. B.4 (1) del nivel 4. Barreno 4 55
Fotografía 71. Muestra JRM-09. B.4 (1) del nivel 4. Barreno 4 55
Fotografía 72. Lodolitas afectadas por fracturamiento en patrón penetrativo. Los colores blancos verdosos indican la reducción que se da del hierro en las fracturas con las variaciones de nivel freático 66
Fotografía 73. Zonas de intensa deformación tectónica en lodolitas del Gr. Orito (Vereda Bolivia) con fallas mesoscópicas (izquierda) que generan zonas de brechamiento tectónico (derecha) 67
Fotografía 74. Patrón penetrativo típico de fracturas de cizalla en lodolitas limosas aflorantes en vías terciarias de la Vereda Bolivia 75
Figura 75. Distribución porcentual de la inclinación de las fracturas medidas en la zona de estudio 75
Fotografía 76. Lodolitas rojas afectadas por fracturamiento 76
Figura 77. Hipótesis del campo de esfuerzos para la zona con base en la interpretación de lineamientos (izquierda) y el diagrama de cizalla simple 76
Fotografía 78. Medidas de pendiente. 115
Fotografía 79. Vista aérea del Lomerío caquetense 131
Fotografía 80. Vista aérea del lomerío Residual y aspecto en campo del Lomerío Residual seco. 132
Fotografía 81. Aspecto en campo del Lomerío Seco y los bajos correspondientes a Vallecitos inundables. 133
Fotografía 82. cauce actual del río Pescado 134
Fotografía 83. Aspecto en campo de la Planicie de Inundación. 135
Fotografía 84. Zona de erosión hídrica difusa en conjunto con carcavamiento incipiente. 139
Fotografía 85. Aspecto de la erosión hídrica concentrada en campo. A la izquierda, cárcavas en enjambre, a la derecho, entallamiento de cárcava en suelos residuales. 140
Fotografía 86. Reptación en la parte alta de la Loma. nótese como se asocia este proceso don deslizamientos y carcavamientos. 141
Fotografía 87. Aspecto de los movimientos en masa en la zona de estudio 142

Fotografía 88. Lectura de Niveles Topográficos Quebrada La Rochela. 152
Fotografía 89. Lectura de Niveles Topográficos Quebrada La Raicita 152
Fotografía 90. Boca de la Cocha "El Diablo" Río Pescado 155
Fotografía 91. Boca de afluente de primer orden del Río Pescado 155
Fotografía 92. Aforo por flotadores Quebrada La Rochela (X=831774, Y=634849). 163
Fotografía 93. Aforo por flotadores Quebrada La Rochela (X=831774, Y=634849). 163
Fotografía 94. Río Pescado (X=823051, Y=623518). 170
Fotografía 95. Río Pescado (X=826840, Y=626043) 170
Fotografía 96. Cocha o Meandro Abandonado Techo Rojo (X=827123, Y=627876). 170
Fotografía 97. Cocha o Meandro Abandonado El Diablo (X=825439, Y=624553)..... 170
Fotografía 98. Boca de la Cocha o Meandro Abandonado Techo Rojo (X=828056, Y=627588). 171
Fotografía 99. Cocha o Meandro Abandonado El Diablo (X=825439, Y=624553)..... 171
Fotografía 100. Boca de la Cocha o Meandro Abandonado El Diablo (X=825601, Y=625017). 171
Fotografía 101. Boca de la Cocha o Meandro Abandonado Los Jaramillos (X=828866, Y=626787). 171
Fotografía 102. Quebrada La Rochela (X=834815, Y=632672). 172
Fotografía 103. Quebrada La Cusumba (X=827914, Y=628107). 172
Fotografía 104. Quebrada La Morrocoy (X=825365, Y=629092). 172
FOTOGRAFÍA 105. QUEBRADA LA RAICITA (X=829671, Y=625391)., 1.16KM DISTANTE DEL RÍO PESCADO VEREDA LA CURVINATA (2017)..... 172
Fotografía 106. Humedal o Chuquia Manuel, ... 173
Fotografía 107. Humedal o Chuquia Nacimiento Quebrada La Rochela (X=831041, Y=635639), Vereda Rochela Baja (2017)..... 173
Fotografía 108. Humedal o Chuquia Nacimiento Quebrada La Morrocoy (X=822949, Y=635128), Vereda Campo Alegre (2017) 173
Fotografía 109. Afloramiento de flujo base en banca lateral del Río Pescado (X=829673, Y=626674), Vereda La Curvinata (2017)..... 173
FOTOGRAFÍA 110. AFLORAMIENTO DE FLUJO BASE EN BANCA LATERAL DEL RÍO PESCADO (X=829673, Y=626674), VEREDA LA CURVINATA (2017)..... 173
Fotografía 111. Obra Hidráulica en llanura de inundación Río Pescado (X=829391, Y=626000), Vereda La Curvinata (2017)..... 177
Fotografía 112. Obra Hidráulica en llanura de inundación Río Pescado (X=829391, Y=626000), Vereda La Curvinata (2017)..... 177
Fotografía 113. Medición de parámetros *in situ* realizada en moya 184

Fotografía 114. Medición de parámetros *in situ* realizada en rio 184
Fotografía 115. Medición de parámetros *in situ* realizada en quebrada 184
Fotografía 116. Medición de parámetros *in situ* realizada en aljibe 184
Fotografía 117. Purga de envases realizada para la recolección de muestras de agua .. 185
Fotografía 118. Recolección de muestra de agua 185
Fotografía 119. Almacenamiento de muestras de agua en campo. 186
FOTOGRAFÍA 120. TALLER DE CARTOGRAFÍA SOCIAL Y METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES AMENAZADAS 224
Fotografía 121. Áreas naturales, coberturas boscosas 234
fotografía 122. áreas naturales con algún grado de alteración 234
FOTOGRAFÍA 123. ÁREAS TRANSFORMADAS 236
FOTOGRAFÍA 124. ÁREAS DE HUMEDALES 236
Fotografía 125. Cocha Techo Rojo, Valparaiso. Se observa el nivel de subida en aguas máximas sobre el borde de la vegetación 248
Fotografía 126. Bosque inundable y pastos inundables en cocha El Diablo, Valparaiso. 248
Fotografía 127. Humedales herbáceos en el asentamiento Villa Nohora, municipio de Milán 248
Fotografía 128. Humedales con pastos inundables, sector de escuela La Reforma, Valparaiso. 249
Fotografía 129. humedales formados en las áreas más bajas de las colinas con árboles y matas de monte aisladas, La Reforma, Valparaiso. 249
Fotografía 130. Humedales con pastos inundables, vereda La Rochela baja, morelia. .. 249
Fotografía 131. humedales formados en las áreas más bajas de las colinas, con palmas aisladas, La Rochela, morelia. 249
Fotografía 132. herbazal innundable y Cananguchal sobre el río Bodoquero, Valparaíso. 250
Fotografía 133. detalle de la palma canagucha, Mauritia *flexuosa*, forma bosques densos sobre el río Bodoquero, Valparaíso. 250
Fotografía 134. zonas arenosas sobre el río Pescado 251
FOTOGRAFÍA 135. BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME, VEREDA BOLIVIA, MORELIA. 251
FOTOGRAFÍA 136. BOSQUE DENSO ALTO INUNDABLE, VEREDA LA REFORMA, VALPARAÍSO ... 252
Fotografía 137. Árbol de barcino, *Calophyllum brasiliense* Cambess. *Vereda Bolivia,* Finca Los Caimos, Valparaíso. maderable se usa para construcción de canoas y muebles. Fotografías propias 259
Fotografía 138. especies de aves observados en el área de influencia directa APE Nogal 274

Fotografía 139. especies de reptiles observados en el área de influencia directa ape nogal 277
Fotografía 140. especies de mamíferos observados en el área de influencia directa APE Nogal.....279

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Geología – Registro de control de campo 332

Anexo 2. Geología – Inventario de muestras 332

Anexo 3. Geología - Petrografía 332

Anexo 4. Geología – Difracción de rayos X 332

Anexo 5. Geología – Datos estructurales 332

Anexo 6. Hidrogeología - Pruebas de infiltración 332

Anexo 7. Hidrogeología - Conductividad hidráulica a saturación - Carga variable 332

Anexo 8. Hidrogeología - Curvas de retención de humedad y densidad aparente 332

Anexo 9. Hidrogeología - Series hidrometeorológicas de la Estación Valparaíso (44045020) 332

Anexo 10. Hidrogeología - Características de las diversas coberturas de la tierra para el año 2002 y 2016 a escala 1:100.000 base cartográfica del instituto de investigaciones científicas amazónicas SINCHI 332

Anexo 11. Flora - Características de las diversas coberturas de la tierra para el año 2002 y 2016 a escala 1:100.000 base cartográfica del instituto de investigaciones científicas amazónicas SINCHI. 332

Anexo 12. Flora - Características de las diversas coberturas de la tierra reportadas para el año 2014 a escala 1:25.000, basada en interpretación de imagen RapidEye y leyenda CORINE Land Cover. Fuente: TNC, GIZ y Agencia Alemana de Cooperación Internacional. 332

Anexo 13. Flora - Especies con importancia ecológica por riesgo de extinción y restricción de manejo. Láminas usadas en el taller con la comunidad. 332

Anexo 14. Flora - Lista de especies reportadas para la zona de estudio, según registros biológicos (SIB) y evaluación de campo, Corporación Terrae 332

Anexo 15. Flora - Fotografías de las especies de flora más representativa observadas en el APE Nogal 332

Anexo 16. Fauna - Número de especies de aves observadas por vereda para el APE Nogal, Caquetá. 332

Anexo 17. Fauna - Fotografías de las especies de fauna más representativas observadas en el APE Nogal 332

Anexo 18. Económico - Caracterización económica – Departamento de Caquetá 332

Anexo 19. Compilado de puntos hidrogeológicos 332