

**IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS EXISTENTES EN EL CORREGIMIENTO DE
ITAIBE, MUNICIPIO DE PÁEZ, COMO PARTE DE LOS ESTUDIOS PREVIOS PARA LA
EXPLORACIÓN DE UN YACIMIENTO DE ROCA FOSFÓRICA**



DEYANIRA CALDERÓN TORRES

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
INGENIERÍA FÍSICA
POPAYÁN
2013**

**IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES FÍSICAS EXISTENTES EN EL CORREGIMIENTO DE
ITAIBE, MUNICIPIO DE PAEZ, COMO PARTE DE LOS ESTUDIOS PREVIOS PARA LA
EXPLORACIÓN DE UN YACIMIENTO DE ROCA FOSFÓRICA**

DEYANIRA CALDERÓN TORRES

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Físico

Dr. ANTONIO ROMERO
Director

Msc. LUIS FERNANDO ECHEVERRI
Asesor

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
INGENIERÍA FÍSICA
POPAYÁN
2013**

Nota de Aceptación

Director _____
Msc. LUIS FERNANDO ECHEVERRI

Jurado _____
Dra. SONIA GAONA JURADO

Jurado _____
Msc. JORGE WASHINGTON CORONEL

Fecha de Sustentación: Popayán, 8 de Marzo de 2013

AGRADECIMIENTOS

Este logro no habría sido posible sin la fuerza que nos inspira día a día que es la fe en Dios.

Agradezco a mis padres, hermanos y mi cuñado que siempre me han brindado su apoyo incondicional, realmente mi vida no sería de esta manera sin su ayuda, y de manera especial a mi hija Angélica que es la luz que ilumina cada día.

Al profesor Antonio Romero director de este trabajo, por darme la oportunidad y el apoyo para desarrollar esta parte del proyecto minero de Piçkwe Tha Fiw.

Al profesor Luis Fernando Echeverri quien es un gran apoyo en el programa de Ingeniería Física y asesor del presente trabajo.

A la profesora Sonia Gaona Jurado por la disposición de su tiempo para orientarme ofreciendo una gran ayuda en la presentación final del documento.

Al geólogo Luis Eduardo Moreno por sus orientaciones.

A la comunidad de Piçkwe Tha Fiw por el alojamiento, atenciones y ayuda en el desarrollo del trabajo de campo. De manera especial a los profesores Ricardo Usnas y Genaro Julian, al señor Reinaldo Ramos, gobernador del resguardo en el año 2010, al comisario del mismo año y al grupo que me colaboró muy amablemente para recoger las muestras de suelo y agua.

Al Ingeniero Jorge Mario Cadavid del grupo Gemma de la Universidad Nacional de Medellín quien me brindó asesoría en campo.

Al profesor Guillermo Santamaria de La Asociación de Cabildos Nasa Çxhaçxa por su apoyo, disposición de cartografía y dispositivos para trabajo en campo.

Al fotógrafo Emanuel Rojas por las fotografías de las portadas de los capítulos 1, 2 y 4.

A todas las instituciones que generosamente atendieron mis solicitudes en busca de información, y en general a todas las personas que de una u otra forma brindaron una gran ayuda para el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	12
INTRODUCCIÓN	14
1. COMUNIDAD INDÍGENA DEL RESGUARDO PIÇKWE THA FIW	16
1.1 Generalidades	17
1.2 Comunidad Páez	19
1.3 Problemática con los Títulos Mineros del Resguardo	21
REFERENCIAS	23
2. MINERAL OBJETO DE LA CONCESIÓN Y ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE MINERÍA DE LAS FOSFORITAS	24
2.1 Roca Fosfórica	25
2.2 Minería	26
REFERENCIAS	29
3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	30
3.1 Ubicación Geográfica	31
3.2 Definición del Área de Influencia	32
3.2.1 Área de Influencia Directa	32
3.2.2 Área de Influencia Indirecta	33
3.3 Dimensión Física	33
3.3.1 Aspectos Topográficos	33
3.3.2 Geología	36
3.3.3 Estratigrafía Local	37
3.3.3.1 Mesozoico	37
3.3.3.1.1 Formación Hondita – Formación Loma Gorda (Kh-Kl)	38
3.3.3.1.2 Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt)	40
3.3.3.1.3 Formación Seca (KPgs)	42
3.3.3.2 Cenozoico	44
3.3.3.2.1 Depósitos Cuaternarios	44
3.3.3.2.1.1 Abanicos Antiguos (Qaa)	45
3.3.3.2.1.2 Terrazas Pumíticas (Qtp)	45
3.3.3.2.1.3 Abanicos Recientes (Qar)	45
3.3.3.2.1.4 Depósitos Coluviales (Qc)	46
3.3.3.2.1.5 Depósitos Aluviales (Qal)	46
3.3.4 Geomorfología	47
3.3.5 Tectónica	48
3.3.5.1 Falla de La Plata	48
3.3.5.2 Región Tectónica Valle del Magdalena	48
3.3.5.2.1 Falla de Itaibe	48
3.3.6 Sismicidad	49

3.3.7 Climatología	50
3.3.7.1 Precipitación	52
3.3.7.2 Temperatura	53
3.3.7.3 Evaporación	55
3.3.7.4 Humedad Relativa	56
3.3.7.5 Radiación Solar	57
3.3.7.6 Vientos	58
3.3.8 Calidad del Aire	60
3.3.9 Ruido	60
3.3.10 Hidrología Superficial	60
3.3.10.1 Cuenca del Río Páez	61
3.3.10.2 Subcuenca del Río Negro de Narváez	64
3.3.10.2.1 Evaluación de la Oferta Hídrica	67
3.3.10.2.2 Determinación de las Características Físicoquímicas, Microbiológicas y Biológicas del Río Negro de Narváez	70
3.3.10.2.3 Índice de calidad Ambiental (ICA)	75
3.3.10.3 Microcuenca de la Quebrada Itaibe	78
3.3.11 Suelos	79
3.3.11.1 Uso Potencial del Suelo	83
3.3.12 Zonas de Vida	87
3.3.12.1 Zonas de Vida Según Cuatrecasas	87
3.4 Dimensión Biótica	87
3.4.1 Flora	88
3.4.2 Fauna	88
REFERENCIAS	92
4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	93
4.1 Descripción Fisiográfica y Caracterización de los Suelos	94
4.1.1 Propiedades Físicas de los Suelos	94
4.1.1.1 Textura	99
4.1.1.2 Estructura	101
4.1.1.3 Estabilidad de Agregados	102
4.1.1.4 Densidad del Suelo	104
4.1.1.5 Color	106
4.1.1.6 PH	109
4.2 Calidad del agua	110
4.2.1 Perfil de Calidad del Agua	116
4.3 Matriz de Afectaciones	117
4.3.1 Clasificación para la Afectación del Suelo	118
4.3.2 Clasificación Para la Afectación del Agua Superficial	119
4.3.3 Clasificación para la Afectación del Aire	119
4.3.4 Formaciones Rocosas	119
4.3.5 Cobertura Vegetal	120
4.3.6 Matriz de Identificación y Clasificación de Afectaciones Ambientales	125
4.4 Propuesta para Manejo y Transmisión de Datos de Variables Físicas en el Medio	

Ambiente	128
4.4.1 Sistema de Información Climatológica	128
4.4.1.1 Dispositivos para La Estación Meteorológica	131
4.4.2 Monitoreo de Calidad del Aire	135
4.4.3 Monitoreo de Sedimentos en Corrientes Superficiales	136
4.4.3.1 Principio de Funcionamiento del OBS	136
4.4.3.2 Principio de Funcionamiento del ADCP	137
4.4.4 Uso de Imágenes Satelitales para la Determinación de Coberturas y Distribución de los Emplazamientos Mineros	138
4.4.4.1 Características Orbitales de la Plataforma Landsat - 7	138
4.4.5 Uso de la fotogrametría en cartografía	141
REFERENCIAS	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
ANEXOS	148

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Brillo solar medio anual.	58
Tabla 3.2 Principales usos y problemas de las corrientes más importantes en la subcuenca del río Negro de Narváez, en el municipio de Páez.	66
Tabla 3.3 Resultados del monitoreo de calidad del agua en la subcuenca del río Negro de Narváez.	73
Tabla 3.4 Algunos criterios de calidad admisible para la destinación del recurso hídrico para diferentes usos (Decreto 1594 de 1984).	75
Tabla 3.5 Variable y pesos del ICA de la NSF.	76
Tabla 3.6 Rangos de calificación del ICA.	76
Tabla 3.7 Valores de los índices de contaminación de materia orgánica (ICOMO-ICOSUS).	76
Tabla 3.8 Valores de los índices ICA, ICOMO y ICOSUS, determinados en el Río Negro de Narváez.	77
Tabla 4.1 Resultados de los análisis sobre textura realizados a las muestras de suelos.	100
Tabla 4.2 Resultados de los análisis sobre estabilidad de agregados.	103
Tabla 4.3 Valores obtenidos para la densidad aparente.	105
Tabla 4.4 Resultados sobre análisis de PH.	109
Tabla 4.5 Clasificación para los valores de PH.	109
Tabla 4.6 Resultados del monitoreo de calidad del agua sobre las tres fuentes hidrográficas.	112
Tabla 4.7 Resultados de la clasificación para las tres corrientes de agua superficial.	116
Tabla 4.8 Clasificación para las fuentes analizadas.	119
Tabla 4.9 Matriz de identificación y clasificación de afectaciones ambientales.	125
Tabla 4.10 Sensores para la estación datalogger Rainwise SR-10	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Mapa de ubicación del Proyecto	17
Figura 1.2	Mapa de la división territorial del municipio de Páez	18
Figura 1.3	Mapa de las veredas del municipio de Páez	19
Figura 2.1	Roca Fosfórica	25
Figura 2.2	Productos a partir de roca fosfórica.	27
Figura 3.1	Fotografía del poblado de Itaibe, municipio de Páez	34
Figura 3.2	Fotografía del sistema de montañas presente en la zona	35
Figura 3.3	Fotografía del cauce de la quebrada Itaibe, dividiendo el sistema montañoso presente en la zona del sistema de terrazas del río Páez, cuyo cauce puede observarse al fondo	35
Figura 3.4	Fotografía del caserío de la vereda la Esmeralda, resguardo Piçkwe Tha Fiw.	36
Figura 3.5	Mapa de formación Hondita y Loma Gorda, Grupo Olini y Formación La tabla.	39
Figura 3.6	Columna estratigráfica de las formaciones Hondita y Loma Gorda en la quebrada Itaibe	41
Figura 3.7	Columna estratigráfica del grupo Olini y la formación La Tabla en la quebrada Itaibe.	43
Figura 3.8	Mapa de ubicación de la formación seca	44
Figura 3.9	Mapa de ubicación de los Depósitos Cuaternarios	46
Figura 3.10	Ubicación de las estaciones cercanas a la zona de interés, usando la herramienta SIG Google Earth	51
Figura 3.11	Gráfico de los valores totales mensuales multianuales de precipitación	52
Figura 3.12	Gráfico de temperatura promedio mensual multianual	54
Figura 3.13	Gráfico de temperatura media anual por estación	55
Figura 3.14	Gráfico de evaporación media mensual multianual	56
Figura 3.15	Gráfico de evaporación media multianual por estación	56
Figura 3.16	Gráfico de valores medios mensuales de Humedad Relativa	57
Figura 3.17	Gráfico de valores medios mensuales de Humedad Relativa por estación	57
Figura 3.18	Gráfico de brillo solar medio anual	58
Figura 3.19	Gráfico de valores máximos mensuales de velocidad del viento	59
Figura 3.20	Gráfico de valores medios mensuales de recorrido del viento	59
Figura 3.21	Gráfico de valores medios multianuales de recorrido del viento por estación	60
Figura 3.22	Fotografía del río Páez en inmediaciones de la vereda la esmeralda del resguardo Pickwe Tha Fiw	61
Figura 3.23	Gráfico de caudal real total estación Paicol	62
Figura 3.24	Gráfico de Producción de Sedimentos en Toneladas	62
Figura 3.25	Fotografía del Río Negro de Narváez	64
Figura 3.26	Mapa de localización de la subcuenca del Río Negro de Narváez, en la cuenca del río Páez	65
Figura 3.27	Fotografía de la bocatoma del acueducto Vereda La Esmeralda. Páez, 2008	66
Figura 3.28	Fotografía de la construcción de la bocatoma para el distrito de riego Tesalia Paicol. 2010	67
Figura 3.29	Fotografía del Río Negro de Narváez 50 m antes de ser intervenido por la	

construcción de la bocatoma del distrito de riego Tesalia-Paicol	68
Figura 3.30 Grafico de caudal medio mensual multianual simulado con el modelo Swat, para la subcuenca del río Negro de Narváez	70
Figura 3.31 Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo sobre la corriente del río Negro de Narváez	72
Figura 3.32 Mapa de sectorización de la corriente principal del Río Negro de Narváez de acuerdo a la valoración de la calidad del agua	78
Figura 3.33 Fotografía de la quebrada Itaibe, resguardo indígena Pickwe Tha Fiw	79
Figura 3.34 Fotografía de cortes del suelo con conglomerados. Fragmentos de bolos, bloques y cantos	80
Figura 3.35 Fotografía de niveles de conglomerados dentro de areniscas en rocas sedimentarias	80
Figura 3.36 Fotografía de conglomerados gruesos con fragmentos tipo finos y cantos	81
Figura 3.37 Fotografías de rocas sedimentarias o estratificadas tipo limolitas y chert	82
Figura 3.38 Fotografías de aluvión y roca fracturada	82
Figura 3.39 Fotografía de proceso de erosión, fracturamiento y desprendimiento de roca	83
Figura 3.40 Fotografía de cultivos de caña panelera, yuca y plátano, existentes en el lugar	84
Figura 3.41 Mapa de coberturas vegetales y usos del suelo	86
Figura 3.42 Fotografía de animales domésticos de las fincas cercanas al área del proyecto	90
Figura 3.43 Fotografía de lepidópteros que se acoplan a la vegetación que acompaña a los cultivos cercanos al río Negro de Narváez	90
Figura 3.44 Fotografía de ganado presente en toda el área del proyecto	91
Figura 4.1 Mapa de ubicación de los puntos de muestreo para suelos	95
Figura 4.2 Fotografía de cajuelitas de 50x40 cm abiertas para la toma de muestras de suelo	95
Figura 4.3 Fotografía de perfil para la toma de muestras	96
Figura 4.4 Fotografía de los puntos determinados para la toma de muestras	96
Figura 4.5 Fotografía de punto de muestreo	97
Figura 4.6 Fotografía de muestreo en cultivo de maíz sobre ladera	97
Figura 4.7 Fotografía de asociaciones de cultivos o cultivos mixtos	98
Figura 4.8 Fotografía de toma de muestras en cultivos mixtos sobre la rivera izquierda de la quebrada Itaibe	98
Figura 4.9 Fotografía de muestra tomada en rastrojo	99
Figura 4.10 Fotografía del grupo colaborador	99
Figura 4.11 Grafico de porcentajes de arenas, limos y arcillas en cada una de las coberturas identificadas	100
Figura 4.12 Grafico de variación de arenas, arcillas y limos en cada una de las coberturas	101
Figura 4.13 Grafico de variación de la distribución de partículas por tamaño para las diferentes coberturas	104
Figura 4.14 Grafico de valores de densidad aparente para las diferentes coberturas	106
Figura 4.15 Fotografía de un área cubierta por pasto	107
Figura 4.16 Fotografía de una muestra tomada bajo la cobertura de pasto brakiaria	107
Figura 4.17 Fotografía de muestras tomadas en áreas cubiertas por pastos	107
Figura 4.18 Fotografía de cultivo mixto sobre la rivera de la quebrada Itaibe	108
Figura 4.19 Fotografía de muestra tomada en cobertura de cultivo mixto sobre la rivera de la quebrada Itaibe	108

Figura 4.20 Gráfico de valores y clasificación de PH por cobertura	110
Figura 4.21 Mapa de ubicación de los puntos para la toma de muestras sobre las tres corrientes del lugar	111
Figura 4.22 Grafico de valores de PH para cada una de las fuentes	113
Figura 4.23 Gráfico de valores de oxígeno disuelto para cada una de las fuentes	113
Figura 4.24 Gráfico de valores de turbidez para cada una de las fuentes	114
Figura 4.25 Grafico de valores de DBO para cada una de las fuentes	115
Figura 4.26 Mapa de sectorización de las corrientes	117
Figura 4.27 Fotografía: afectación de la estabilidad del suelo por deforestación y sobrepastoreo	118
Figura 4.28 Fotografía: Aceleración del proceso erosivo por la práctica de quemas y el sobrepastoreo	118
Figura 4.29 Fotografía: Características propias de la vegetación predominante en el área de interés, compuesta por bosque, pastos y vegetación secundaria (rastrajo), dedicada al pastoreo.	120
Figura 4.30 Fotografía de la cobertura de bosque parte norte. Área con buena calidad	121
Figura 4.31 Fotografía de un área con bosque y pastos	121
Figura 4.32 Fotografía de la zona de bosque y rastrajo	121
Figura 4.33 Fotografía: Tala y quema de vegetación en el área con bosque sobre la rivera de la quebrada Itaibe	122
Figura 4.34 Fotografía del área oriental del proyecto. Vegetación típica del lugar	122
Figura 4.35 Fotografía de la parte nororiental del área de interés	123
Figura 4.36 Fotografía de algunos cultivos presentes en las riveras del río Negro de Narváez. Vereda La Esmeralda	123
Figura 4.37 Cobertura de pastos con buena calidad	124
Figura 4.38 Fotografía de cobertura de pasto en proceso de erosión	124
Figura 4.39 Fotografía de cobertura de pasto con intervenciones de cultivos	124
Figura 4.40 Sistema para el monitoreo de variables climatológicas	129
Figura 4.41 Sistema para el monitoreo de variables climatológicas. Presentación de la información	130
Figura 4.42 Estación Datalogger Rainwise SR-10	131
Figura 4.43 Sensor para medir velocidad y dirección del viento	132
Figura 4.44 Sensor para medir precipitación	133
Figura 4.45 Registrador electrónico de datos	133
Figura 4.46 Medidor electrónico de evaporación	133
Figura 4.47 Sensor de temperatura y humedad relativa	134
Figura 4.48 Sensor de gas	134
Figura 4.49 Dispositivos para la telemetría	134
Figura 4.50 Sistema de control inalámbrico.	135

GLOSARIO

Agregado: Se denomina agregado a las partículas individuales que se agrupan y toman el aspecto de partículas mayores.

Arcillolita: Es una roca compacta, sin fisilidad y formada por partículas del tamaño de la arcilla.

Biótico: Hace referencia a aquello que resulta característico de los organismos vivos o que mantiene un vínculo con ellos. Puede también ser aquello que pertenece o se asocia a la biota, un concepto que permite nombrar a la fauna y la flora de un cierto territorio.

Bloque subangular: Son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Subangular, evidencia algo de desgaste en caras y bordes.

Buzamiento: es el sentido u orientación de la inclinación de los estratos en un relieve de plegamiento formado en rocas sedimentarias, que son las que se disponen en forma de capas o estratos. Sentido en el que el plano buza o baja.

Cadena trófica: Describe el proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de las diferentes especies de una comunidad biológica, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente.

Chert: Es una roca sedimentaria rica en sílice de grano fino microcristalina, criptocristalina o microfibrada que pueden contener pequeños fósiles.

Coluvios: Depósitos o formaciones en la base de laderas transportados por acción de la gravedad ya sea por movimiento de material suelto o por erosión y transporte por agua no canalizada.

Conglomerado: Es un tipo de roca sedimentaria, en donde la grava se ha cementado por acción de algunos compuestos, generalmente sílice, carbonato de calcio y óxidos de hierro, que actúan como cemento, para ligar las partículas de grava entre sí y formar los conglomerados.

Canto: Trozo suelto de piedra sin distinguir clase, forma ni tamaño.

Conjuntos líticos: Líticos que reúnen propiedades similares.

Eventos orogénicos: Formación de las montañas y el relieve a causa de movimientos tectónicos.

Facies: Se denomina facies al conjunto de rocas sedimentarias o metamórficas con

características determinadas, ya sean paleontológicas (fósiles) o litológicas (composición mineral, estructuras sedimentarias, geometría, etc.) que ayudan a reconocer los ambientes sedimentarios o metamórficos, respectivamente, en los que se formó la roca.

Depósito fluvio lacustre: Hace referencia al material que transporta un cauce y que con el tiempo se acumula en el fondo.

Foculación: Es un proceso químico que se desarrolla mediante la adición de sustancias denominadas floculantes, y con ellas se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Ígnea: Tipo de roca que se forman cuando el magma (roca fundida) se enfría y se solidifica.

Lidita: Son rocas sedimentarias de sílice que se forman por la sedimentación de los esqueletos silíceos (de ópalo) de los radiolarios unicelulares. Los radiolarios son microorganismos que viven en las aguas superficiales del mar, que a su muerte caen al fondo acumulándose y formando el cieno o lodo de radiolarios. Las variedades negras son las liditas, las demás son radiolaritas.

Limolita: Es una roca compuesta principalmente por limo. Posee una superficie algo áspera al tacto.

Litología: Es la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.

Lutita: Roca sedimentaria que ocurre con más frecuencia en todos los continentes. Es un lodo (limo y arcilla), compuesto por las partículas más finas de los sedimentos. Las lutitas que contienen arena se llaman arenosas. Compuestas generalmente de silicatos alumínicos, pirita, etc.

Metamórfico: Se denomina metamorfismo a la transformación sin cambio de estado de la estructura o la composición química o mineral de una roca cuando queda sometida a condiciones de temperatura o presión distintas de las que la originaron o cuando recibe una inyección de fluidos. Se llaman metamórficas a las rocas que resultan de esa transformación. Hay metamorfismo de contacto, metamorfismo dinámico, aditivo o térmico.

Plano de Benioff: Es el plano de fricción entre las dos placas que convergen y es en él donde se concentran los focos o hipocentros de los terremotos.

Profundidad radicular: El espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con el propósito de conseguir el agua y los nutrimentos indispensables.

Sedementitas: Rocas de origen sedimentario.

Vergencia: El ángulo que forma el plano axial con la horizontal. Su alejamiento de la vertical indica la vergencia o inclinación del pliegue.

INTRODUCCIÓN

En el corregimiento de Itaibe, municipio de Páez Cauca, se está llevando a cabo un proyecto minero por la comunidad indígena del resguardo Piçkwe Tha Fiw “*Semillas de Juan Tama*”, comunidad que posee tres títulos mineros sobre tres de las zonas con yacimientos de roca fosfórica en el corregimiento.

Con el fin de obtener ventajas jurídicas establecidas para las comunidades indígenas (Ley 685 - código de minas-), dicha comunidad adelantó las gestiones para declarar el lugar como Zona Minera Indígena. Dentro de este proceso, el Ministerio de Minas y Energía y la Universidad Nacional con sede en Medellín, a través del Grupo Gemma, celebraron el convenio No. 028 de 2008 con la intención de apoyar a algunas comunidades indígenas entre ellas a la de Piçkwe Tha Fiw en su propósito de explotar por lo menos uno de los tres yacimientos sobre los cuales tienen el título minero.

El proyecto se encuentra en la fase de estudios previos a la etapa de exploración. Una parte importante dentro de este estudio es la determinación de la línea base ambiental, lo que corresponde a establecer las condiciones ambientales existentes en el lugar (obtener información sobre el medio físico, biológico, social y económico del lugar o región de las obras y trabajos de explotación). La determinación de la línea base ambiental mide los efectos que tendría la ejecución del proyecto minero y permite buscar formas eficientes de explotación de los recursos minerales, de modo que no vaya en desmejora de las condiciones de vida de los habitantes del lugar y del entorno ambiental.

La información que se reporta en este documento es el resultado de una investigación realizada por la autora alrededor de identificar las condiciones físicas existentes en el corregimiento de Itaibe, Municipio de Páez. La investigación involucró revisión bibliográfica permanente (documentos de Ingeominas, del Intituto Geográfico Agustín Codazzi, de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, la Corporación Regional del Alto Magdalena, la Corporación Nasa Kiwe, el POT de Paez, entre otros) y trabajo de campo en la comunidad Piçkwe Tha Fiw, identificando las fuentes hidrográficas y el perfil de calidad de agua, las coberturas, análisis de suelos, georreferenciación y desarrollo de cartografía, entre otros.

Para la comprensión del contexto en el cual se desarrolla el proyecto, el documento inicia presentando en el capítulo I algunas generalidades del municipio de Páez y del corregimiento de Itaibe con el fin de enmarcar las características geográficas y socio-culturales del lugar en donde se encuentra la comunidad a la cual se va a apoyar, igualmente se describen algunos aspectos de esta comunidad para dar un acercamiento a su estilo de vida, usos y costumbres.

En el capítulo II se trabajan conceptos sobre minería, relacionados con el mineral objeto de la concesión, esto es, la roca fosfórica.

El capítulo III recoge la mayor parte de la investigación, describiendo el medio ambiente del lugar

con componentes tales como aspectos topográficos, de geología, climatología y calidad del aire, hidrología superficial y suelos.

Como resultado, a partir de la información obtenida se elaboró una propuesta para la medición de algunos parámetros del medio físico. Esta información se expone en el capítulo IV.

Como resultado, a partir de la información obtenida se elaboró una propuesta para la medición de algunos parámetros del medio físico. Esta información se expone en el capítulo IV.

Con la lectura de los capítulos anteriores el lector tendrá completa información sobre el desarrollo del trabajo presentado. No obstante, con el fin de dar material de complemento, se incluyen anexos con información relevante, así, Anexo 1 (Marco Jurídico Minero y Ambiental), Anexo 2 (Geología de las fosforitas en Colombia), Anexo 3 (Consulta al catalogo de la Red Sismológica Nacional), Anexo 4 (Mapas), Anexo 5 (Climatología, Cuenca de río Páez, Río Negro de Narvéez y Fotografías).

*Kwe'sx kiwe mama nawēsa'
txāa pa'ka mawēnyuhpa
pēnxcāhna nxuuçxa fxi'ze
jiptha'w.*

*La tierra es nuestra madre por eso debemos
cuidarla y protegerla para vivir en armonía y
equilibrio.*



[CAPÍTULO 1]

COMUNIDAD INDÍGENA DEL RESGUARDO PIÇKWE THA FIW

El lugar en donde se encuentra el yacimiento de roca fosfórica de interés está ubicado en una zona habitada por comunidades indígenas, afrocolombiana y campesina, que a través de casi 14 años están aprendiendo a convivir cada uno dentro de sus modos de vida. Este capítulo describe el entorno donde se encuentran dichas comunidades y presenta una descripción de la comunidad Páez que llegó al corregimiento de Itaibe, poblado mayoritariamente afrocolombiano ubicado en el lado oriental de la Cordillera Central perteneciente al municipio de Páez. Esta comunidad es la que tiene el título minero que motiva este trabajo, también, se describe la problemática en la que se ha desarrollado el proceso de la obtención de los títulos.

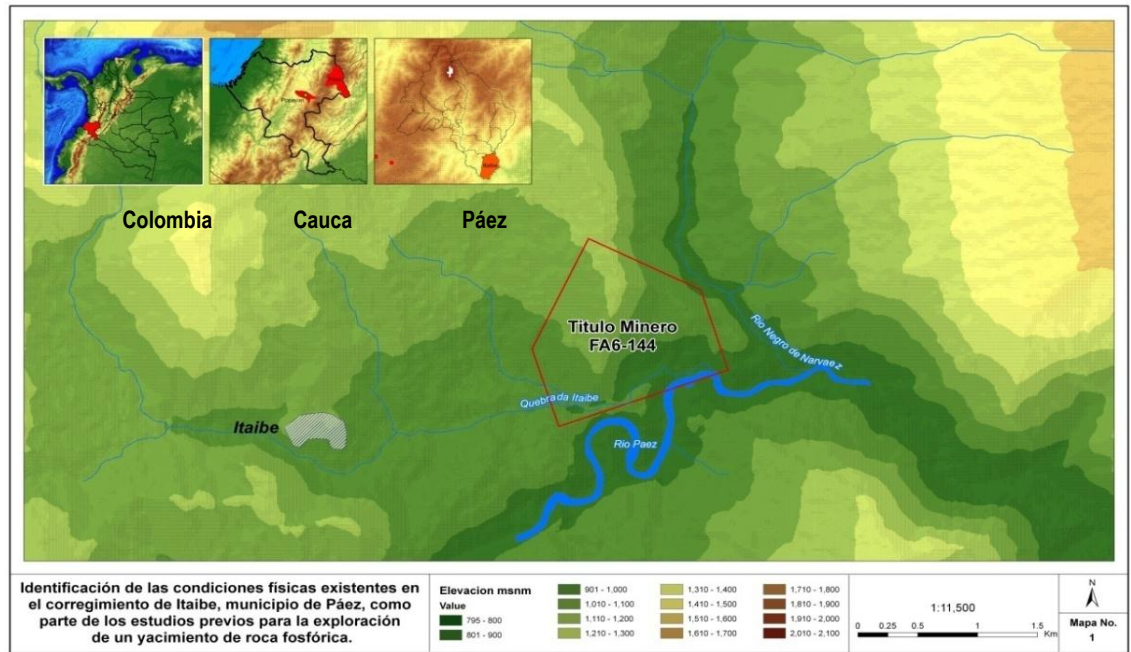
Para la obtención de la información se consultaron documentos como el publicado por la Corporación Osso en conjunto con la Asociación de Cabildos Nasa Çxhaçxha, denominado “Planeación Estratégica para la Reducción Integral de Riesgos en el Municipio de Páez, Cauca-Colombia, por la Reactivación del Volcán Nevado del Huila, en el Marco del Desarrollo Local Sostenible, Desde la Cosmovisión de las Comunidades del Pueblo Indígena Nasa”, estudios previos realizados en la zona por el Geólogo Raúl Ordoñez Aragón y la investigación a través de la interacción directa en la comunidad.

1.1 GENERALIDADES

El corregimiento de Itaibe se encuentra al sur del municipio de Páez en límites con los municipios de Nátaga, Paicol y La Plata en el departamento del Huila. Para llegar al lugar es necesario acceder por el departamento del Huila, pues la zona carece de una vía de comunicación directa con el Cauca, porque, aunque políticamente pertenece a este departamento, geográfica y geológicamente está en la cuenca del Alto Magdalena. De La Plata, se sigue al norte por la vía a Neiva por una distancia de 10 Km hasta el punto denominado Puerto Mercedes, donde empata el carretable que conduce a Itaibe de 7 Km de longitud.

En la figura 1.1 se muestra la ubicación del proyecto.

Figura 1.1 – Mapa de ubicación del Proyecto.

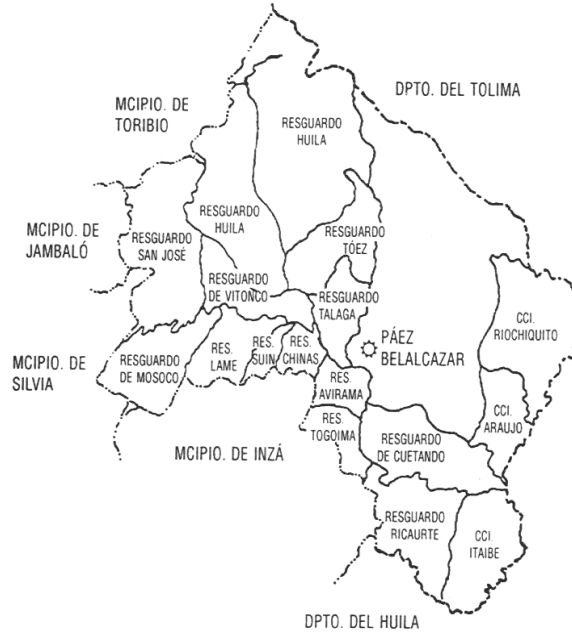


La topografía del área de interés es plana en las terrazas aluviales que bordean el río Páez, y moderadamente montañosa al norte hasta llegar al borde de la Cordillera Central, que se levanta abruptamente, limitada por la falla de Chusma. La zona está a elevaciones entre 960 y 1400 msnm y presenta un clima cálido y relativamente seco, propio del alto Magdalena.

Itaibe es uno de los dos corregimientos del municipio de Páez, ubicado en las estribaciones de la Cordillera Central. Posee una extensión aproximada de 1852,045 Km². Su división política administrativa consta de la cabecera municipal Belalcázar, corregimientos Ríochiquito e Itaibe y quince (15) Resguardos Indígenas, estos se muestran en la figura 1.2.

El resguardo indígena de Pickwe Tha Fiw (el cual aun no aparece en el mapa), se encuentra en el corregimiento de Itaibe y a él pertenecen dos veredas; la vereda de La Villa y la vereda La Esmeralda, la comunidad de estas dos veredas interactúan con otra comunidad indígena que habita en la vereda de Bello Horizonte, la cual pertenece a el resguardo de Cxab Wala Luuxc (Hijo del Pueblo Grande), aun en constitución.

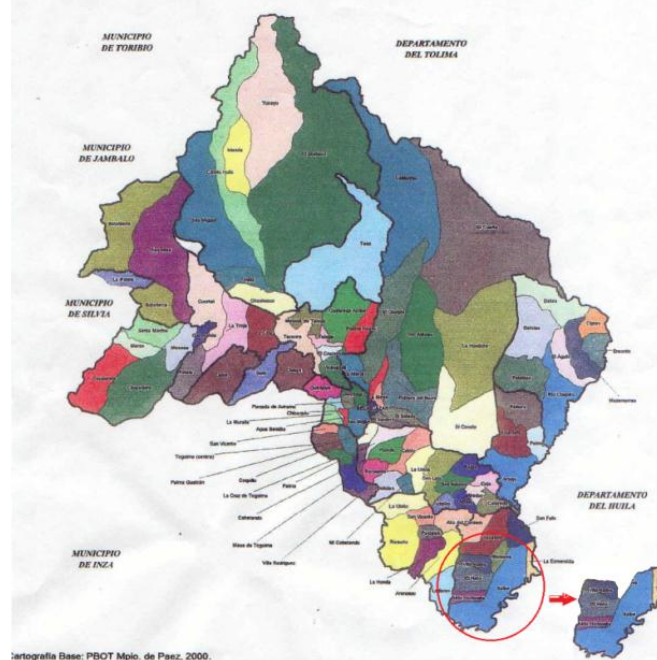
Figura 1.2 – Mapa de la división territorial del municipio de Páez.



Fuente: www.paez-cauca.gov.co

A continuación se muestra la ubicación de las veredas mencionadas:

Figura 1.3 – Mapa de las veredas del municipio de Páez.



El yacimiento de roca fosfórica que motiva este trabajo se encuentra localizado en la vereda La Esmeralda, noreste del corregimiento de Itaibe en la confluencia de los ríos Negro de Narváez y Páez (zona de color naranja en el área resaltada), ubicada a los 2° 29.512' N de latitud norte con respecto al ecuador geográfico y 75° 49.618' W de longitud al oeste de Greenwich, en plena zona ecuatorial o intertropical y a una altura promedio de 960 metros sobre el nivel del mar.

En el lugar existen otros dos yacimientos ubicados en la vereda el Hato, uno de ellos limita con la parte baja de la vereda de Bello Horizonte, cuyos títulos mineros también pertenecen a la comunidad del resguardo Pickwe Tha Fiw.

1.2 COMUNIDAD PÁEZ

El municipio de Páez cuenta con una extensión aproximada de 1852,045 Km², en este territorio habitan 40.643 personas, de las cuales 5.517 se encuentran en el casco urbano; la población del área rural es de 35.126 habitantes, de los cuales 30.923 son indígenas y 4.203 corresponden a comunidad mestiza y afrocolombiana.

El corregimiento de Itaibe tiene una extensión de 71,015 Km², en donde la mayor parte es población afrocolombiana, un menor grupo de comunidad mestiza y tres asentamientos indígenas.

En el municipio de Páez, el mayor número de habitantes pertenecen a la etnia indígena nasa, cuya forma de vida radica en la organización en pequeñas comunidades que conforman resguardos en donde la autoridad la ejercen los cabildos, el cual representa una forma de gobierno fundamentada en que éste, es la institución política que rige el destino en cada uno de los quince (15) Resguardos que componen el municipio.

Los miembros de la comunidad tienen hacia el cabildo una serie de obligaciones que van desde la participación en las obras de interés comunal hasta el desempeño de cargos del cabildo. La estructura jerárquica la encabeza el Gobernador o Gobernadora, quien preside sesiones, organiza trabajos comunitarios, realiza adjudicaciones de parcelas cuando la disponibilidad de tierras lo permite, y es intermediario entre la comunidad y las autoridades municipales, departamentales y nacionales. Otros cargos como el del Comisario y el Alcalde, velan por la integridad de la tierra y tienen el papel de evitar la intromisión de extraños; el Alguacil tiene que desplazarse a informar órdenes del Cabildo, por todo el resguardo. El Fiscal supervisa y lleva cuentas. El Capitán es una autoridad paralela. Los cabildantes tienen que cumplir ciertos requisitos para poder ejercer el gobierno de la comunidad, como por ejemplo una buena conducta personal, don de mando, capacidad de relacionarse con sus semejantes y justicia en la toma de decisiones. En el territorio hace presencia la Asociación de Cabildos Nasa Çxhaçxha, asociación de Autoridades Tradicionales integradas territorialmente en los quince resguardos indígenas que existen en el municipio.

La economía de los Nasa es auto subsistente, se vale de formas solidarias, colectivas y familiares de producción. Los sistemas tradicionales de producción giran en torno al cultivo del maíz; también se han adaptado otros sistemas como frijol, caña panelera, café y ganadería extensiva. Estos sistemas

de manejo, además de las necesidades de construcción, uso de leña, producción artesanal, utilización de plantas en la medicina tradicional y aspectos que se mencionan en la cultura espiritual sobre el manejo del territorio, como son los sitios sagrados, determinan las coberturas dentro de las cuales se encuentran las establecidas por el ser humano y las que existen de manera natural. Las condiciones topográficas del territorio siempre han sido un condicionante de los modos de vida de su población. La supervivencia está garantizada por las redes de relaciones socioculturales instauradas. El profundo arraigo e identidad con la tierra, ha servido para defender el derecho al Territorio y para buscar las estrategias de la supervivencia material y cultural. El territorio está interrelacionado con el espacio geográfico integral donde se desarrolla toda la cultura, la organización social, económica y política¹.

La cotidianidad armoniosa de las comunidades que habitan en la parte alta de la cuenca del río Páez fue interrumpida el seis de Junio de 1994 por un sismo que tuvo lugar en la parte baja del edificio volcánico del Nevado del Huila, zona alta de la cuenca del río Páez, afectando a la población (más de mil personas fallecidas), a las edificaciones, a la infraestructura, principalmente la vial, así como al medio ambiente (físico y biótico) pero, muy especialmente al pueblo Páez asentado en Tierradentro.

El grave daño causado por el sismo que destruyó total o parcialmente varios de los poblados de la cuenca, obligó a los sobrevivientes de la tragedia a reubicarse en lugares que brindaran mayor seguridad, es así como gran parte de los habitantes del resguardo de Vitoncó fueron reubicados en el corregimiento de Itaibe, después de un largo proceso y años de vivir en campamentos. La llegada de los indígenas a este corregimiento habitado en su mayor parte por afrocolombianos, causó incomodidad y rechazo por un buen número de personas, quienes a partir de varias negociaciones y formulación de condiciones, acceden a venderle a la corporación Nasa Kiwe (corporación que fue creada para la reconstrucción de la cuenca de río Páez y zonas aledañas) varios lotes de tierra que conforman tres zonas dentro del corregimiento que es donde habitan actualmente las comunidades indígenas, dos de estas comunidades; La Villa y La Esmeralda, conforman el resguardo de Piçkwe Tha Fiw, la tercera comunidad es Bello Horizonte que pertenece al resguardo de Cxab Wala Luuxc.

Debido a los orígenes, saberes y costumbres de las dos etnias y de la comunidad campesina presentes en este sector, se han presentado diversas problemáticas que dichas comunidades han logrado resolver para lograr una sana convivencia.

Uno de los primeros inconvenientes que tuvieron los nuevos residentes de Itaibe, fue que se les condicionó a no formar cabildos, petición que desacataron, pues atentaba contra su forma organizativa, otro punto es que debían educarse en el colegio existente en el centro poblado, aquí también hubo inconformismo pues recibieron discriminación y el modelo educativo era diferente al que las comunidades indígenas aspiran para sus hijos, por lo que decidieron crear su institución educativa bajo la pedagogía comunitaria que integrara su cosmovisión, sus aspiraciones y la problemática social y ambiental del nuevo entorno, es así como se crea la Institución Educativa

¹ CORPORACIÓN OSSO, ASOCIACIÓN DE CABILDOS NASA ÇXHAÇXHA. Documento: Planeación Estratégica para la Reducción Integral de Riesgos en el Municipio de Páez, Cauca-Colombia, Por la Reactivación del Volcán Nevado del Huila, en el Marco del Desarrollo Local Sostenible, Desde la Cosmovisión de las Comunidades del Pueblo Indígena Nasa.

Agroforestal Satwe'sx Zuun (Nietos de los Sabios) y con ella un nuevo enfrentamiento con la comunidad de Itaibe, con el paso del tiempo, se supera este nuevo desacuerdo y las cosas parecen calmarse, luego, aparece el tema de los yacimientos de roca fosfórica con el que las discrepancias vuelven a surgir.

1.3 PROBLEMÁTICA CON LOS TITULOS MINEROS DEL RESGUARDO

En el corregimiento de Itaibe existen indicios de yacimientos de roca fosfórica debido a que sedimentos marinos del Cretáceo Superior, unidad geológica en la que ocurren manifestaciones en el departamento del Huila, se extiende dentro del territorio caucano cubriendo extensas zonas de los municipios de Inzá y Páez, de acuerdo con el Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cauca publicado por Ingeominas.

Por tal razón se motivaron estudios de pre-factibilidad con miras a localizar yacimientos de roca fosfórica en el oriente caucano, estos estudios se realizaron como parte del proyecto de desarrollo minero del departamento del Cauca patrocinado por el Sena.

Esta investigación tuvo inicio en la carretera que comunica a Gabriel López con Inzá, en donde la faja del Cretáceo Superior la cruza de oriente a occidente, inmediatamente al oeste de la población de Inzá. Allí se hicieron numerosas observaciones que determinaron la presencia de metasedimentos y ausencia del intervalo fosfático característico de la formación en el Huila. La segunda sección investigada fue la que se extiende al sur de la población de Belalcázar cuyos afloramientos resultaron ser de rocas ígneas, probablemente de las facies porfirítica del Cretáceo, que según Hubach (1957) se extiende desde el río Páez hasta el Alto Caquetá. Debido a los resultados obtenidos hasta entonces, la investigación se encaminó a la zona limítrofe con el departamento del Huila, entre los ríos Páez y su afluente el río Negro de Narváez, donde se localizó el intervalo fosfático en inmediaciones de la población de Itaibe. [2]

Definida la formación fosfática se procedió a reconocer algunas características del yacimiento, como su extensión y potencialidad. De acuerdo con los resultados, la Corporación Nasa Kiwe contrató dos estudios posteriores con el propósito de realizar una investigación en torno al reconocimiento geológico detallado del intervalo fosfático inferior de la quebrada Itaibe, que además incluyera la caliza adyacente con miras a comercializarla, identificar experimentalmente el rendimiento de la fosforita del intervalo fosfático, en la fabricación de fósforo elemental y realizar una indagación preliminar de mercado sobre el monto de las importaciones de fósforo elemental y su derivado, el ácido fosfórico. Dichos estudios fueron realizados por el geólogo Raúl Ordoñez Aragón, y se incluyen en el informe final del proyecto Circuito Minero Indígena No Metálico del Cauca Co-T1063, realizado por el banco interamericano de desarrollo – BID.

Lo mencionado anteriormente motivó a la comunidad indígena del resguardo Piçkwe Tha Fiw a presentar la propuesta de contrato de concesión sobre tres predios, el 6 de Enero de 2004, no con el propósito de explotar los depósitos sino con el ánimo de proteger el territorio de una explotación masiva. La comunidad de Itaibe también presentó su propuesta unos meses más tarde y además expusieron de forma escrita al Ingeominas que ellos se encontraban gestionando esta propuesta desde hacía 20 años y que este proceso había revivido en años anteriores con las gestiones de la

corporación Nasa Kiwe. Una vez más hubo competencia entre las dos comunidades, en esta ocasión por adquirir los títulos de tres yacimientos de roca fosfórica. Esta situación convirtió en prioridad para Ingeominas el buscar alternativas y facilitarlas con el fin de que la comunidad de Itaibe y la de Piçkwe Tha Fiw solucionaran la problemática relacionada con las propuestas de contrato de concesión FA6-142, FA6- 143, FA6-144, FAR-152 y FF1-161, puesto que amenazaba una posible crisis social y cultural en la región. A partir de allí hubo reuniones para tratar de concertar, lideradas por el Ingeominas y la Corporación Nasa Kiwe, con asistencia de la alcaldía de Páez, la gobernación del Cauca, entre otros.

Después de un largo proceso y oposición por parte de la comunidad no indígena de Itaibe (quienes gestionaron la obtención de los mismos títulos mineros junto con la multinacional Sociedad Quedada), el 17 de Abril de 2006 se notificó al señor Misael Ramos Fiskus, gobernador del resguardo Piçkwe Tha Fiw, que se le había otorgado el primer contrato de concesión, firmado finalmente el 17 de Julio del mismo año.

Actualmente el resguardo Piçkwe Tha Fiw posee tres títulos mineros identificados con las siguientes placas:

- FA6-142, con extensión de 3.901.452 m².
- FA6-143 con extensión de 1.716.960,5 m².
- FA6-144 con extensión de 2.499.226 m².

En dichos títulos se habla (según contrato de concesión) de la existencia de minerales como fosfatos de calcio naturales, fosfatos aluminocalcicos naturales y creta fosfatada, carnalita, silvinita, otras sales naturales de potasio sin elaborar, esmeraldas en bruto, piedras preciosas y semipreciosas, entre otros minerales.

REFERENCIAS

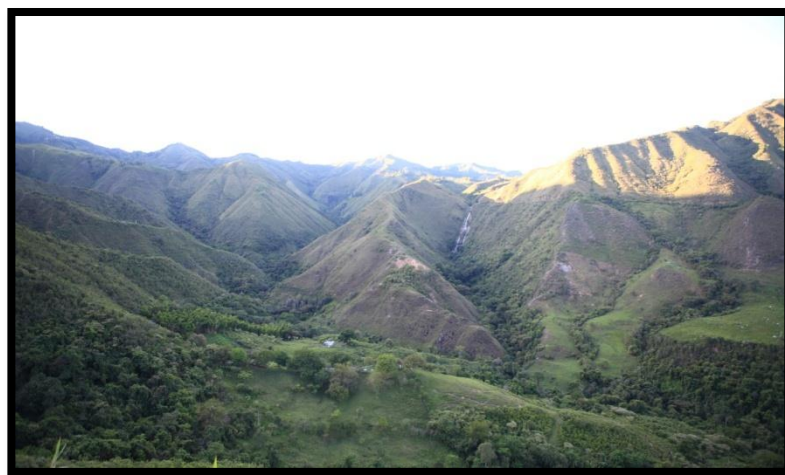
[1] CORPORACIÓN OSSO, ASOCIACIÓN DE CABILDOS NASA ÇXHAÇXHA. Documento: Planeación Estratégica para la Reducción Integral de Riesgos en el Municipio de Páez, Cauca-Colombia, Por la Reactivación del Volcán Nevado del Huila, en el Marco del Desarrollo Local Sostenible, Desde la Cosmovisión de las Comunidades del Pueblo Indígena Nasa.

[2] R. Ordoñez Aragón. El Yacimiento de Fosforita de Itaibe, Municipio de Páez, Departamento del Cauca. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA Regional Popayán. Popayán (1994).

[3] R. Ordoñez Aragón. Etapas Geológicas Complementarias para la Explotación del Yacimiento de Fosforita de Itaibe, Municipio de Páez, Departamento del Cauca. Corporación Nasa Kiwe. Popayán (2004).

*Kwe'sx kiwe ītxisaa nasa
nawēynxa çũhkpajippa,
kwekwepa jippa, çxi'dapajippa.*

*La tierra es igual que el ser humano tiene su
cabeza, manos, y pies.*



[CAPÍTULO 2]

MINERAL OBJETO DE LA CONCESIÓN Y ALGUNOS

CONCEPTOS SOBRE MINERÍA DE LAS FOFORITAS

En este capítulo se tocan algunos aspectos sobre la roca fosfórica, que es el mineral objeto de la concesión, aclarando a qué se le llama roca fosfórica, sus principales usos y por lo tanto, su importancia para la industria de los fertilizantes y de consumo, se habla también del origen y de las reservas mundiales de este mineral basado en una consulta en la *Memoria Explicativa del Mapa de Recursos Minerales de Colombia "Minerales Industriales"* publicado por el Ingeominas.

De igual manera se mencionan algunos conceptos sobre minería y producción de la roca fosfórica en Colombia y a nivel mundial.

2.1 ROCA FOSFÓRICA

Se denomina roca fosfórica a las unidades litológicas y compuestos químicos que presentan alta concentración de minerales fosfatados por procesos naturales, usualmente de la serie apatito - francolita. Sedimentos o rocas con menos del 10% volumétricamente de fosfato reciben el adjetivo de fosfático y si el porcentaje de pentóxido de fósforo (P_2O_5) es superior al 20% recibe el nombre de fosforita. En un depósito mineral, el contenido de fosfato se expresa como porcentaje de pentóxido de fósforo (P_2O_5). Los depósitos de roca fosfórica más importantes son de origen sedimentario, seguidos por complejos ígneos alcalinos ricos en apatito. [1]

En la figura 2.1 se observa una imagen de una roca fosfórica típica.

Figura 2.1 – Roca Fosfórica.



www.servinlab.com

El fósforo es un elemento primordial para la vida animal y vegetal, pues hace parte del material genético ADN, y es un nutriente primario en el crecimiento de las plantas. Los fosfatos son altamente insolubles y deben ser convertidos a una forma disponible para las plantas. Cerca del 90% de los fosfatos producidos comercialmente van a la elaboración de fertilizantes, en forma simple o combinado con otros nutrientes primarios como potasio y nitrógeno. El 10% restante se consume en una gran variedad de industrias, que incluye la elaboración de detergentes, comida de animales,

productos alimenticios y bebidas, extintores de fuego, productos dentales, así como en el tratamiento de superficies de metales. [2]

Las reservas mundiales de depósitos de roca fosfórica se estiman en 11.255 millones de toneladas y la reserva base mundial en 34.045 millones de toneladas repartidos en los países Marruecos, Sahara Occidental, Estados Unidos y Colombia, con una mínima participación.

La mena más común de fósforo – fosfato de calcio sedimentario – se presenta en forma de gránulos o nódulos en la masa de ciertas calizas, margas, areniscas y arenitas. Desde el punto de vista genético es una sustancia amorfa o fibrosa, que tuvo origen en estos sedimentos por vía diagenética.

Los gránulos de fosfatos son pequeñas concreciones esferoidales o elipsoidales, envueltas en un cemento débilmente fosfatado de calizas o margas, que tienen un núcleo de fragmentos de roca, minerales o de fósiles. Estos gránulos tienen color amarillento a gris marrón, aspecto de cera y están constituidos por colofanita. En medio ácido la colofanita se disuelve menos que la calcita. Esta propiedad permite la extracción del fosfato de las rocas calcáreas.

El fosfato proviene por la concentración de soluciones en las materias orgánicas contenidas en los sedimentos, la formación de los gránulos o nódulos de fosfatos resulta de un proceso geoquímico bastante complejo. La gran cantidad de restos orgánicos en estas menas fosfáticas – huesos, dientes, vértebras de peces, coprolitos – permite concluir que el fósforo de las menas tiene origen orgánico. El amoníaco liberado por la descomposición de los organismos sirvió de intermediario, formándose fosfato de amonio, el cual ha precipitado luego como fosfato de calcio, a partir de la reacción con el carbonato de calcio en curso de sedimentación.

Otra hipótesis de formación de los fosfatos establece que familias de bacterias han elaborado el fosfato de calcio a partir del agua de mar, la cual está alimentada permanentemente de los aportes fluviales y que la putrefacción favorece la reproducción de los microorganismos.

Se puede entonces afirmar que los depósitos de fosfatos son de origen bioquímico, bien provenientes de la acumulación de restos de organismos, o bien debido a reacciones químicas provocadas por los organismos vivos en el curso de su vida. A ello se añade que la fluorita juega un papel importante en la fijación de los fosfatos.

Algunos aspectos sobre la geología de las fosforitas en Colombia, pueden ser consultados en el anexo 2 del presente documento.

2.2 MINERÍA

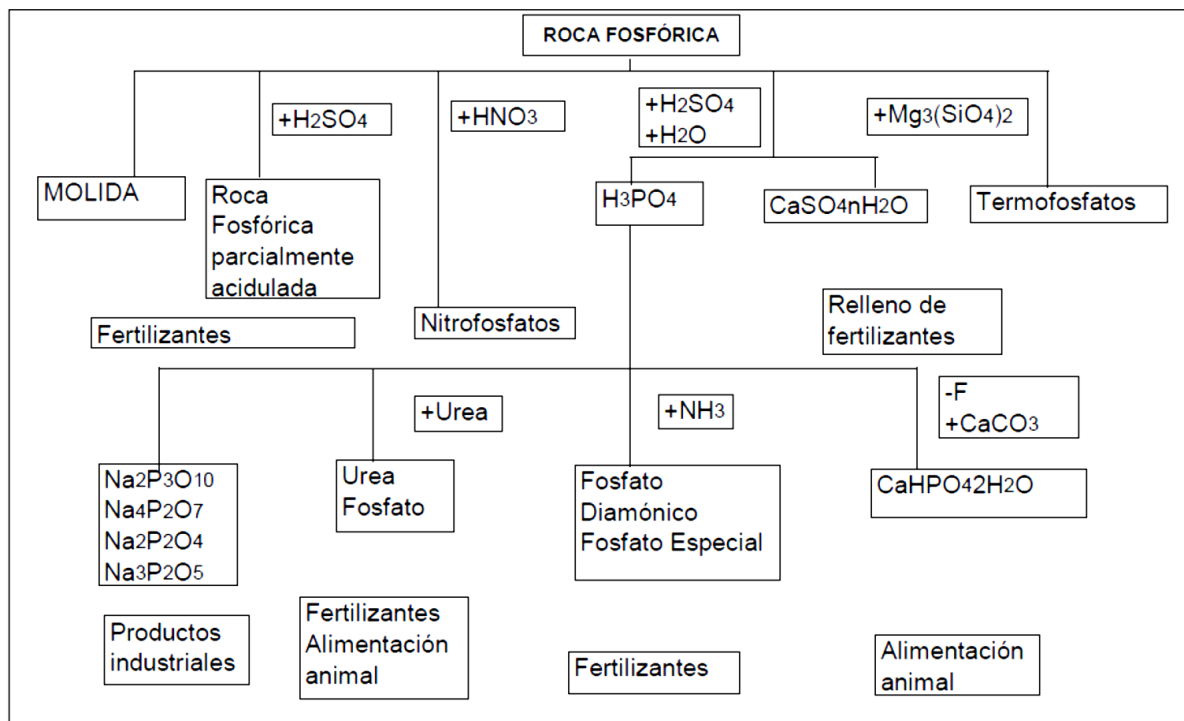
En Colombia se encuentran niveles de fosfáticos en formaciones arenosas del Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental, que se han configurado como yacimientos en varios lugares de esta cordillera.

Algunos de estos yacimientos fueron parcialmente explorados por Ingeominas en los primeros años de la década del 60. Según esta entidad, el espesor de los niveles mineralizados varía entre 0,5 a 5,4 metros y los tenores de P_2O_5 oscilan entre 10 y 37%. Actualmente se explota la roca fosfórica en 15 áreas localizadas en los departamentos de Boyacá, Norte de Santander y Huila. Por su parte las principales empresas productoras de este material son Fosfatos de Boyacá S.A, localizada en el Departamento de Boyacá, FOSFONORTE S.A, localizada en Norte de Santander y Fertipáez S.A, Productos Químicos Panamericanos, SA y Fosfatos del Huila, S.A, localizadas en el Departamento del Huila. La producción colombiana de roca fosfórica no alcanza a satisfacer la demanda interna, por lo cual se importa anualmente un importante volumen de compuestos de fósforo.

Estas empresas existentes en Colombia, grandes y pequeñas, producen el fertilizante para el mercado interno y algunos para el externo. Su producción industrial incluye, además de fertilizantes complejos NPK enriquecidos con elementos menores y secundarios, algunas materias primas intermedias obtenidas a partir de la roca fosfórica, tales como el ácido fosfórico y el fosfato de amonio. Otras empresas, generalmente pequeñas se ocupan de procesar la roca fosfórica y otros minerales para su aplicación directa en agricultura.

En la figura 2.2 se observa un diagrama que presenta algunos productos a partir de la roca fosfórica.

Figura 2.2 - Productos a partir de roca fosfórica.



Fuente: Fertilizantes y Enmiendas de Origen Mineral. Presentación Jornada Técnica CETEM. www.unsam.edu.

La explotación de las menas apatíticas se realiza tanto por vía subterránea como a cielo abierto, en tanto que las fosforitas se extraen fundamentalmente por la segunda vía. En dependencia de la calidad de la fosforita, se explotan capas de hasta 0.25m en los yacimientos ricos.

Los países de mayor empuje en el campo de la minería de las rocas fosfatadas utilizan mayormente la minería a cielo abierto, atendiendo a las mayores posibilidades que les ofrece de aplicar las mejores técnicas de altos volúmenes de producción con altas productividades, debido al uso de grandes excavadoras, camiones, equipos de barrenación y voladura altamente productivos, transporte de material hacia la planta de beneficio a través de bandas transportadoras o por tuberías, con la mena en forma de lodos. El proceso de sustitución del método subterráneo de explotación por el primero, se realiza en todos los casos económicamente viables. Se le presta una atención especial, considerando los bajos precios de la materia prima mineral, a tres condiciones vitales: garantía de eficiente sistema de transporte (vías férreas o carreteras), electrificación y abastecimiento de agua.

Aún cuando los depósitos se encuentran a más de 30m de profundidad (p.ej. el caso del depósito Aurora de Carolina del Norte, USA, con reservas superiores a mil millones de toneladas y producción anual cercana a los 5 millones de toneladas), la explotación se realiza a cielo abierto, se remueve el estéril de cubierta y se extraen 35-40m de espesor del cuerpo fosfatado con la ayuda de enormes excavadoras, con capacidad de extracción de 100t/cubo. [2]

Más de 30 países poseen minas de rocas fosfatadas en una escala que va desde algunos miles hasta 50 millones de toneladas anuales, en tanto son más de 80 los países con recursos o reservas estimadas de rocas fosfatadas. Por la estructura del consumo, alrededor del 90% va hacia la industria de los fertilizantes fosfatados y sus compuestos.

En Colombia la roca fosfórica se extrae principalmente por minería subterránea, con la aplicación de los métodos de cámaras y pilares, y los de tajo largo, a excepción del depósito de Sardinata (Norte de Santander) que se explota a cielo abierto.

En el corregimiento de Itaibe, el geólogo Raúl Ordoñez Aragón (quien se cita en el capítulo I por realizar tres estudios en dos de los yacimientos de la zona), propone que la explotación de dichos yacimientos se realice por el método de minería subterránea, argumentando que los elementos estructurales de la sección fosfática son favorables para tal fin, por ejemplo, que el ángulo de buzamiento para el sector que Él describe es de 20° NW, muy próximo al que se estima ideal para minería subterránea, el espesor de la capa de fosforita es ampliamente económico, el respaldo inferior es estable y el respaldo superior de arenisca dura, bien cementada puede sostener el techo de la excavación prácticamente sin apoyo, siempre que no esté fallado.

El presente y futuro inmediato de la minería de punta se considera que está basado en la modelación en 3D, para la planificación de las canteras y secuencias de extracción minera óptima (US Bureau of Mines, 2001).

REFERENCIAS

[1] Geol. Jaime A. Camacho G. Memoria Explicativa Mapa de Recursos Minerales de Colombia "Minerales Industriales". Ingeominas. Bogotá D.C. 2002.

[2] Informe Final Contrato 1517-08-2005. Análisis de La Estructura Productiva y Mercados de la Roca Fosfórica. Unión Temporal Gi. Georecursos. Bogotá, D.C. 2005.

*Kwe'sx kiwete wē't fxi'zewēçxa
wē't sa'jī' jiptha'w Kwe'sx mama
kiwe.*

*Para vivir bien en el territorio debemos compartir los
alimentos con nuestra madre tierra.*



[CAPÍTULO 3]

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Este capítulo contiene gran parte de la investigación desarrollada. Se hace una descripción de los parámetros físicos más relevantes para nuestro estudio de la parte nororiental del corregimiento de Itaibe, lugar de ubicación del yacimiento de roca fosfórica que motiva esta investigación.

La labor partió de un análisis de la información existente en las diversas instituciones afines, posteriormente, luego de clasificar dicha información, se encontró carencia de datos para algunas variables por lo que se determinó que habría que suplirlos o complementarlos con el presente estudio. Los parámetros mencionados y sus fuentes de consulta son los siguientes:

- Lo relacionado con aspectos topográficos proviene de una observación realizada en la zona e interacción con la comunidad.
- La geología, estratigrafía local, geomorfología, tectónica y parte de sismicidad han sido tomadas de la memoria explicativa de la plancha 344-Tesalia de Ingeominas.
- Los datos sobre climatología y calidad del aire en su mayor parte son desarrollos propios basados en datos proporcionados por el IDEAM.
- En hidrología superficial se encuentra información proporcionada por la Corporación Regional Autónoma del Cauca - CRC, la División Territorial Surandina de la Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia y el PBOT de Páez, para las tres fuentes existentes en el lugar.
- Para la parte de suelos se tomaron aspectos del PBOT de Páez, la Corporación Regional del Alto Magdalena – CAM, el IGAC y desarrollos propios con base en observaciones en el lugar objeto de investigación, se expone a modo de información, sin profundizar en el tema, se procedió de igual forma para los datos sobre la flora y la fauna del lugar.

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Páez hace parte de la región conocida con el nombre de Tierradentro que conforma un triángulo al noreste del departamento del Cauca sobre la cordillera central, flanco oriental, la extensión territorial del municipio es 1852,045 Km².²

Limita por el norte con el municipio de Ataco en el departamento del Tolima; por el nororiente con el municipio de Teruel en el departamento del Huila; por el oriente con los municipios de La Plata, Iquira y Nátaga en el departamento del Huila; por el suroccidente con el municipio de Inzá en el departamento del Cauca; y por el occidente con los municipios de Silvia, Jambaló y Toribío en el Departamento del Cauca; la cabecera municipal tiene por nombre Páez-Belalcázar.

La cabecera municipal está localizada a los 2° 40' de latitud norte y 75° 59' de latitud al oeste del meridiano de Greenwich, la altura sobre el nivel del mar es de 1450 metros y una temperatura promedio de 20 grados centígrados.

2 Fuente: www.paez-cauca.gov.co

Los resultados de la descripción y caracterización ambiental permiten obtener una visión global de las condiciones ambientales y socioeconómicas del área y constituyen una base clara para evaluar los efectos ambientales y ponderar el grado de sensibilidad ambiental que ofrece el área, frente a las actividades extractivas que van a generarse en las diferentes etapas de ejecución del proyecto de explotación de roca fosfórica y demás minerales concesibles. Para tal efecto se realizó un análisis de las características de la zona objeto de estudio basado en información geológica, geomorfológica, hidrológica, climática, de suelos y biótica del área nororiental de Itaiibe. Como resultado se obtuvo la caracterización ambiental de las áreas puntual y de influencia.

El corregimiento de Itaiibe se encuentra al sur del municipio de Páez, en límites con el municipio de la Plata, Paicol y Nátaga en el departamento del Huila, al norte limita con el resguardo de Cohetando y al occidente con el resguardo de Ricaute. Tiene una extensión de 71,015 Km² corresponden al 3.83 % del área del municipio. El centro poblado se localiza a 7 Km aproximadamente de la vía que comunica a La Plata con la ciudad de Neiva.

Metodología: Para lograr una visión concertada a mediano plazo en un territorio con tantas limitantes y vulnerabilidades como el de Páez (Belalcázar), la metodología implementada para el presente estudio, toma elementos de Planeación participativa del PBOT del Municipio de Páez, de estudios técnicos, algunas observaciones directas y de reuniones con la comunidad del resguardo, de ésta manera se amplió el conocimiento de las características biofísicas del entorno local.

Es de notar que un elemento metodológico utilizado en el dimensionamiento de los aspectos ambientales de la zona, consistió en la socialización del proyecto con la comunidad del resguardo Piçkwe Tha Fiw, quienes participaron en cada una de las actividades desarrolladas en el lugar.

3.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Se define como área de influencia del proyecto de explotación de roca fosfórica y demás minerales concesibles, el espacio sobre el cual se pueden causar impactos ambientales como consecuencia de las actividades que se pretenden desarrollar durante la etapa de explotación y beneficio, esta puede ser directa o indirecta.

3.2.1 Área de Influencia Directa

Se define como el espacio físico, biótico y socioeconómico susceptible de sufrir alteraciones, ya sea positivas o negativas como consecuencia del desarrollo de las diferentes actividades relacionadas con la etapa de explotación y beneficio del proyecto.

Para el caso en particular, el área de influencia directa corresponde a la vereda la Esmeralda junto con la comunidad del Resguardo Piçkwe Tha Fiw por ser los ejecutores del proyecto, los

habitantes de la vereda Bello Horizonte y la comunidad del corregimiento de Itaibe, que serán vinculados laboralmente en el desarrollo de la actividad minera, lo que permitirá mejorar la calidad de vida y el poder adquisitivo de los mismos, constituyendo un polo de desarrollo en los municipios de Páez (Cauca) y La Plata (Huila). Por lo tanto, los habitantes y usuarios de estos sectores serán los receptores directos de los efectos que se generen durante la ejecución del proyecto minero.

3.2.2 Área de Influencia Indirecta

El área de influencia indirecta del proyecto se constituye por el municipio de Páez por ser el receptor de sus beneficios tales como las regalías que puedan generarse a raíz de la venta de los minerales obtenidos, la comunidad de Itaibe porque tendrán un mejor estado de la vía.

3.3 DIMENSIÓN FÍSICA

Se describen aspectos de los parámetros físicos que se quieren analizar, ya sea por consulta bibliográfica o estudios realizados directamente en el lugar: aspectos topográficos, geología, estratigrafía local, geomorfología, sismicidad, climatología, calidad del aire, hidrología superficial, suelos, zonas de vida y algunos aspectos sobre la parte biótica.

3.3.1 ASPECTOS TOPOGRÁFICOS

La topografía del municipio de Páez está constituida por un fuerte sistema montañoso ramificado, fuertes depresiones y valles interandinos, que determinan diferentes unidades geomorfológicas como son: montañas, colinas, zonas lacustres y glaciares, formas de pie de montes y superficies aluviales.

El lugar de interés se encuentra al nororiente del corregimiento de Itaibe, en un área de más de 171 Ha, sobre la margen del río Negro de Narváz, por el oriente limita con el río Páez hasta donde confluyen estos dos ríos, colindando con el departamento del Huila, al occidente con la vereda San Felix, el poblado de Itaibe y al sur con la finca “el volcán”. Toda el área está constituida por cadenas de pequeñas montañas con fuertes pendientes en algunas zonas.

Figura 3.1 – Fotografía del poblado de Itaibe, municipio de Páez.



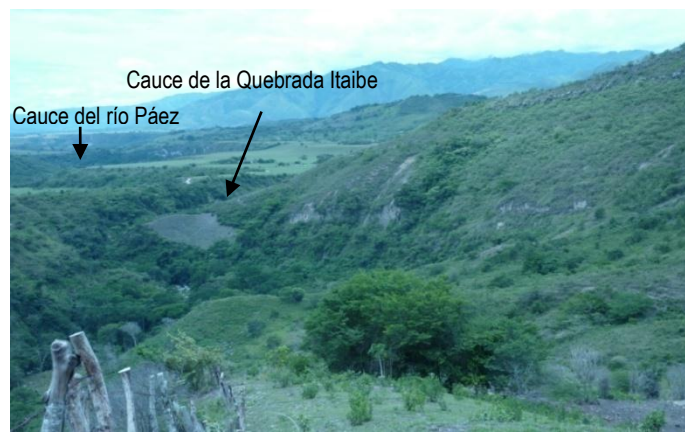
Una de estas pequeñas cadenas montañosas surge desde el sitio en donde confluyen los ríos Páez y Negro de Narváez con una altura de 850 msnm la cual se extiende hacia el occidente en donde alcanza los 1000 msnm, en esta parte se encuentra con otra cadena montañosa que atraviesa el sector de norte a sur con pendientes mayores de 45°, muy inclinadas, que se origina en el sur levantándose desde el cauce de la quebrada Itaibe, se dirige hacia el norte hasta cercanías al cauce del río Negro de Narváez y allí cambia el rumbo hacia el occidente, esta pequeña cadena montañosa origina lo que se conoce comúnmente con el nombre de filo de montaña, se eleva hasta los 1162 msnm y marca una diferencia de nivel entre su lado occidental (con mayor altura) y el lado oriental (de menor altura con respecto al lado occidental). En su recorrido hacia el occidente se encuentra con otra cadena montañosa que sirve de base a un sistema de montañas mayor que constituyen el borde de la Cordillera Central, la cual se levanta abruptamente, limitada por la Falla de Chusma. Dicha cadena montañosa marca el límite entre la vereda la esmeralda del resguardo Piçkwe Tha fiw y la vereda San Felix. Esta cadena también se origina frente al cauce del río Negro de Narváez y se extiende hacia el sur en donde va decreciendo hasta casi desvanecerse en el poblado de Itaibe, el cual se encuentra en sus laderas de poca pendiente.



Figura 3.2 – Fotografía del sistema de montañas presente en la zona.

Hacia el sur, la zona es atravesada por la quebrada Itaibe que desciende de la montaña para verter sus aguas al río Páez, en un recorrido de 8 Km que hace de occidente a oriente. En esta parte, la quebrada Itaibe divide la zona montañosa de las llamadas terrazas del río Páez, que también hacen presencia en este lugar. Esta topografía de terrazas escalonadas de tipo aluvial que son formaciones morfológicas micro, corresponde a un pequeño tramo de la parte sur del sitio de interés y bordean el río Páez. Esto se puede observar en la fotografía 3.3.

Figura 3.3 – Fotografía del cauce de la quebrada Itaibe, dividiendo el sistema montañoso presente en la zona del sistema de terrazas del río Páez, cuyo cauce puede observarse al fondo.



El cauce de la quebrada Itaibe se encuentra a unos 858 msnm y las terrazas que pueden observarse en la fotografía están entre los 900 a 1100 msnm, el caserío de la vereda la esmeralda perteneciente al resguardo Piçkwe Tha Fiw se encuentra a 921 msnm.

Figura 3.4 – Fotografía del caserío de la vereda la Esmeralda, resguardo Piçkwe Tha Fiw.



En general, la topografía del área de estudio es plana en las terrazas aluviales que bordean el Páez, y moderadamente montañosa al norte, hasta llegar al borde de la Cordillera Central, que se levanta abruptamente.

3.3.2 GEOLOGÍA

El relieve actual del departamento del Cauca es el resultado de la combinación de eventos orogénicos y procesos tectónicos que produjeron el levantamiento de la cordillera de Los Andes colombianos, debido a la subducción producida por el choque entre las placas de Nazca y suramericana. Durante este proceso, se ha desarrollado una serie de eventos tectónicos, sedimentarios, ígneos y metamórficos superpuestos, que, para el caso del departamento del Cauca, se iniciaron durante el Precámbrico y continuaron durante el Paleozoico, hace más de 570 millones de años³.

En el lugar encontramos sedimentitas del Mesozoico entre las que se encuentran sedimentitas epicontinentales del Cretáceo Superior, principalmente areniscas y lutitas negras, localmente calizas limolitas silíceas, roca fosfórica y mantos de carbón y pequeñas concentraciones de magmatitas con sedimentitas continentales a epicontinentales, principalmente areniscas,

3 IGAC. Cauca. Características Geológicas.

limolitas, conglomerados rojizos localmente con aporte volcánico⁴.

Más explícitamente, para el área de Itaibe, se tiene al Cretáceo Superior que en esta zona forma una estrecha faja de aproximadamente 10 Km de largo por 700 m de ancho, que comienza en la orilla NW del río Páez, serpentea hacia el norte, rodea al poblado en mención y sigue nuevamente hacia el norte donde la trunca la falla de Chusma. Del intervalo Campaniano-Coniaciano, que es aquel donde se presentan estratos de fosforita asociados con chert (pedernal), se reconocen dos intervalos, designados estratigráficamente como lidita superior, del Campaniano, y lidita inferior, del cenomaniano; con las anteriores se encuentran también calizas, areniscas, shales y lodolitas calcareas y fosfáticas; estas rocas forman conjuntos litológicos muy definidos, que tienen como característica común cambios de facies tanto vertical como lateralmente, lo cual dificulta la correlación entre secciones distintas; las fosforitas gradan en chert, y éste en caliza o arenisca; la fosforita puede también gradar en shales fosfáticos los cuales pasan a lodolitas. Esto no obstante, las rocas de estos conjuntos forman asociaciones persistentes, la más notable de las cuales es la de fosforita y chert, con el cual se encuentra casi siempre interestratificada. En el Huila, por lo general, el techo de la secuencia fosfática está constituido por una arenisca calcárea, que como todas las rocas citadas tienen participación fosfática⁵.

Las terrazas de distinta altura pertenecientes al cuaternario, las cuales se encuentran a lo largo del río Páez, constan de gravas, arenas y lodos inconsolidados.

3.3.3 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

Esta información está basada en el trabajo presentado por el Ingeominas en su propósito de adelantar la cartografía geológica del territorio colombiano, plasmada en la plancha 344 Tesalia.

En la parte del país que cubre la plancha 344 Tesalia afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que conforman el flanco oriental de la Cordillera Central y la parte occidental del Valle Superior del Magdalena.

3.3.3.1 *Mesozoico*

Las rocas de edad mesozoica que se encuentran expuestas en la plancha son de tipo ígneo

⁴ IGAC. Cauca. Características Geológicas.

⁵ GEOL. RAÚL ORDOÑEZ ARAGÓN. El Yacimiento de Fosforita de Itaibe, Municipio de Páez, Departamento del Cauca. 1994.

(volcánico e intrusivo) y sedimentario, y afloran en las estribaciones de la Cordillera Central y en el Valle Superior del Magdalena.

Entre las diferentes formaciones que cubre la plancha, pertenecientes al Mesozoico, las que hacen presencia en el lugar de interés son: formación Hondita- formación Loma _Gorda, grupo Olini, formación la Tabla y la formación seca.

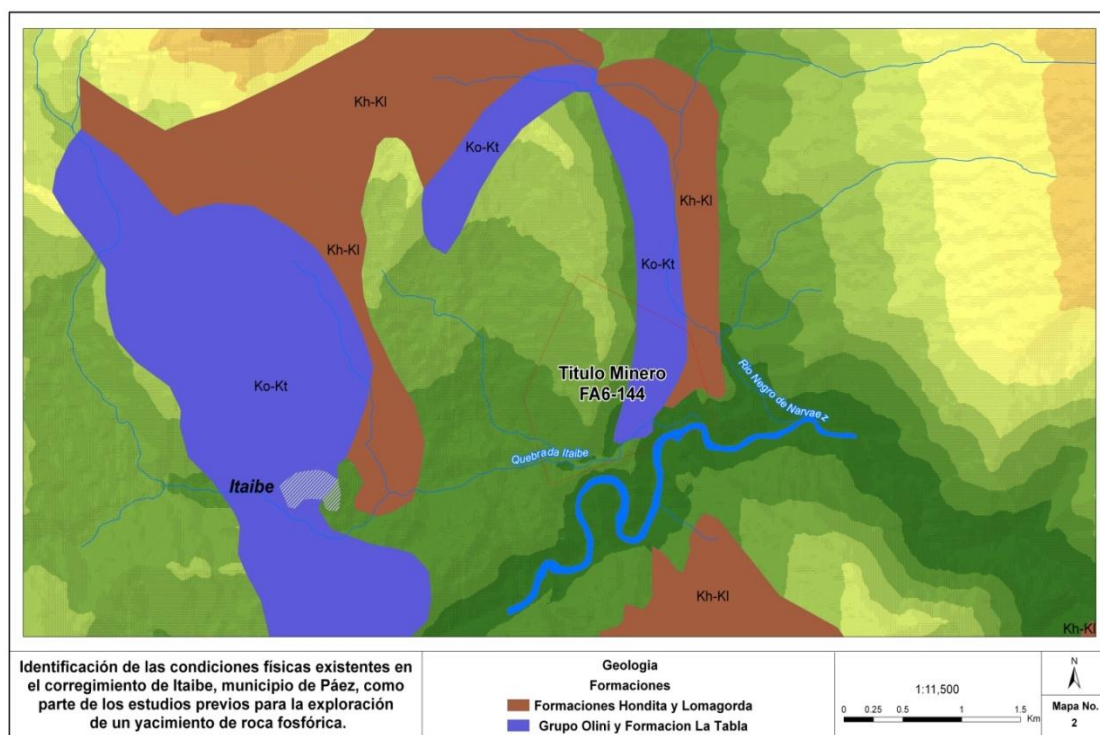
3.3.3.1.1 Formación Hondita - Formación Loma Gorda (Kh-Kl)

Las formaciones Hondita y Loma Gorda fueron descritas por Porta (1965).

La sección tipo de la Formación Hondita, muestra una sucesión de 90 m de intercalaciones de calizas arenosas, lutitas y *shales*, con presencia de concreciones calcáreas hasta de 2 m de diámetro. Se llama Formación Loma Gorda a una secuencia de *shales* y liditas con grandes concreciones calcáreas, de forma discoidal, y niveles de chert intercalados con arenitas de grano fino hacia el tope, que afloran en la Loma Gorda, entre los caminos que conducen de los caseríos de Loma Gorda y La Tabla, al pueblo de Piedras, Departamento del Tolima.

Los límites originales de estas unidades fueron redefinidos por Patarroyo (1993) y propone extenderlas a todo el Valle Superior del Magdalena. Mendivelso (1993) hace una descripción estratigráfica detallada de una sección en la quebrada Itaibe, al este del caserío de Itaibe (G4 en la Plancha 344 Tesalia). En esta sección afloran rocas de edades desde Albiano inferior hasta Maastrichtiano, que incluyen las formaciones Hondita y Loma Gorda, pero que el autor reúne con el nombre de Grupo Villeta. [1]

Figura 3.5 – Mapa de formación Hondita y Loma Gorda, Grupo Olini y Formación La tabla.



En la plancha se agrupan las dos formaciones debido a la imposibilidad de distinguir en el área afloramientos correspondientes a las formaciones Loma Gorda y Hondita, de forma separada, por cuanto esta secuencia se encuentra generalmente cubierta y muy plegada.

Morfológicamente está representada por áreas ligeramente onduladas y con poca pendiente. Sus principales afloramientos se encuentran en los dos flancos del Anticlinal de La Hocha, en el extremo norte del flanco oriental del Anticlinal de Nátaga, por la carretera que de Itaibe conduce a El Hato (G3), entre el filo Quitasombrero y el río Negro de Narváez (G4). [1]

Litología. Las formaciones Hondita y Loma Gorda tienen un espesor de 582 metros, medidos en la quebrada Itaibe (Mendivelso, 1993) (Figura 3.6) y su descripción es la siguiente: en su parte inferior se encuentra una sucesión de lutitas calcáreas y carbonosas, grises oscuras y negras con laminación ondulosa y ligera bioturbación, intercaladas con niveles delgados de cuarzo-arenitas grises con restos fósiles de peces, amonitas, bivalvos y fragmentos carbonosos de plantas. También se presentan intercalaciones de capas delgadas a medianas de calizas negras micríticas y fosilíferas, en su base. La parte media de la unidad se caracteriza por presentar niveles de lutitas y *shales* calcáreos y carbonosos, con abundantes y enormes concreciones calcáreas de forma discoidal, conocidas como "ruedas de carreta". Intercalados con estos niveles aparecen niveles con concreciones pequeñas, que alternan con lutitas y *shales*. Este nivel intermedio es característico en la sección de la quebrada Itaibe y sirve como

nivel de referencia para su ubicación dentro de la secuencia. En el segmento superior se observan intercalaciones de lutitas y lodolitas tona. En el tope de la secuencia se encuentran capas delgadas de lutitas intercaladas con chert, con abundantes foraminíferos y capas delgadas de arenitas fosfáticas. [1]

Contactos. El contacto inferior con la Formación Caballos es concordante neto y fue marcado en la base de las lodolitas arenosas monótonas, que predominan en las formaciones Hondita y Loma Gorda, que se encuentran con el primer paquete de arenitas cuarzosas de la Formación Caballos. El contacto superior con el Grupo Olini es neto y marcado por la aparición de la primera capa de chert de la "Lidita inferior".

Edad. Según algunos autores como Patarroyo (1993), la Formación Hondita abarca desde el Albiano medio hasta el Coniaciano. Esta formación es correlacionable con la parte inferior del Grupo Villeta de Beltrán & Gallo (1968), entre otros. [3]

Según Patarroyo (1993), la Formación Loma Gorda es de edad Coniaciano, de acuerdo con la fauna de amonites reportada por diversos autores. Igualmente es correlacionable con la parte superior del Grupo Villeta de Cáceres & Etayo (1969), entre otros. [1][3]

Fuente: Memoria explicativa de la Plancha 344 – Tesalia.

Grupo Olini - Formación La Tabla (KoKt)

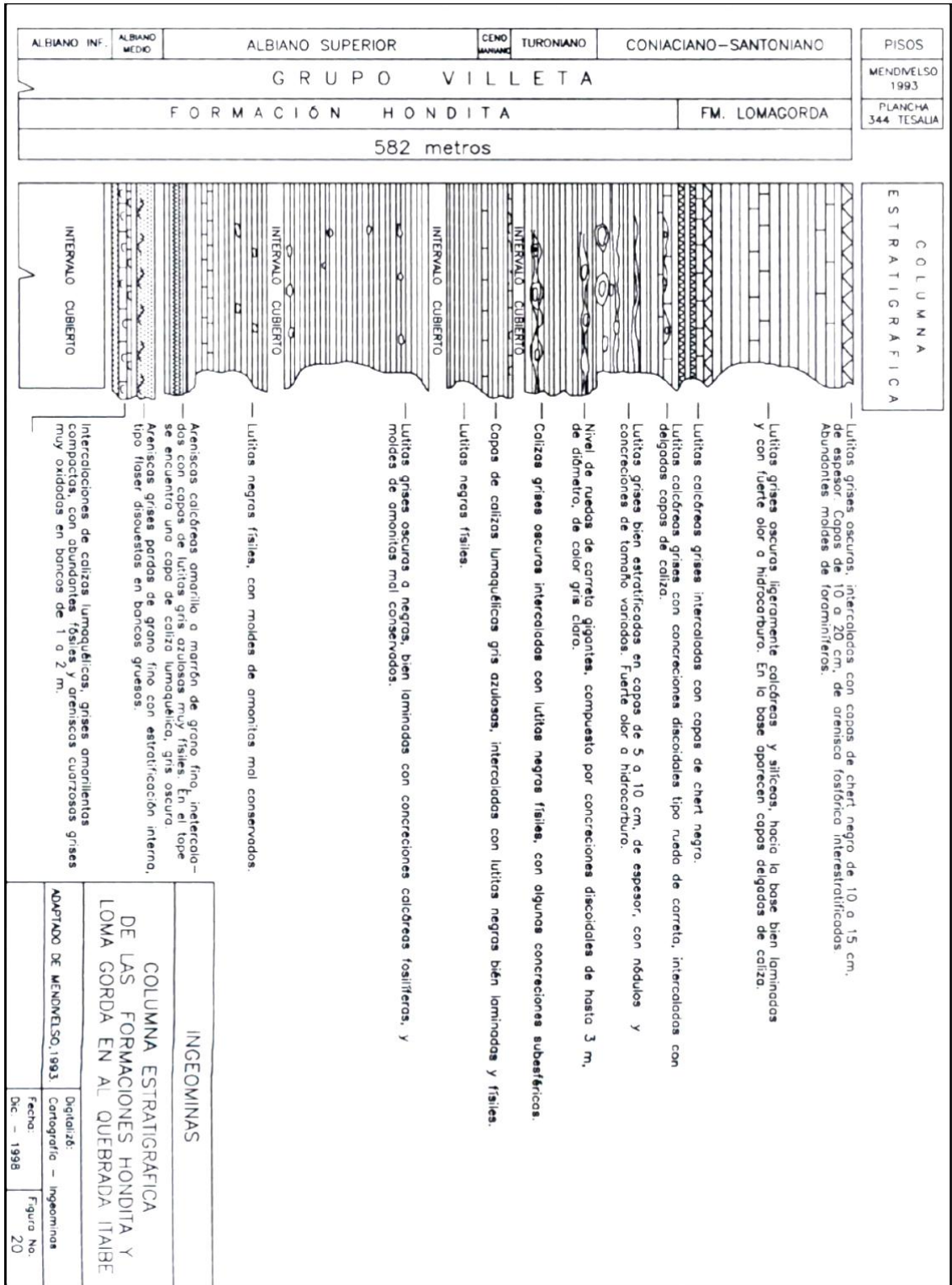
El nombre de Grupo Olini fue propuesto por Petters (1954, en Julivert, 1968). Posteriores trabajos como los de Hubach (1957) y Porta (1965) han mejorado la definición de la unidad, y la han extendido en la cuenca del Valle Superior del Magdalena y separado en tres subunidades llamadas Lidita Inferior, Nivel de Lutitas y Lidita Superior, con una sección de referencia ubicada en el camino de Piedras al caserío de La Tabla (Departamento del Tolima). [1]

La Formación La Tabla fue propuesta formalmente por Porta (1965), que sugirió como sección tipo la del camino que une la población de Piedras con el caserío de La Tabla (Departamento del Tolima), de donde toma su nombre.

En la Plancha 344 es imposible cartografiar las dos unidades por separado, debido principalmente a la escala de mapeo, por ello se representaron agrupadas como una sola unidad geológica.

Sus principales exposiciones se encuentran al sur de Itaibe, por el camino hacia la hacienda Las Balsas (H4) y en el trayecto hacia la escuela Los Yuyos - Vereda de San Isidro (E 6 y 7), sobre el carretable que une a la finca El Hatillo con la escuela Rural Mixta (G9 y F10), al sur de la finca El Aguacate por el cañón del río Yaguará (D9), por el cañón del río Pedernal en el sector de La Cañada y por la Carretera Paicol - La Plata.

Figura 3.6 - Columna Estratigráfica de las Formaciones Hondita y Lomagorda en la Quebrada Itaibe.



Litología. En la sección de la quebrada Itaibe (G4) se pueden separar tres conjuntos que corresponden con estas dos unidades: el conjunto superior consta, en su tope, de capas de arenitas fosfáticas de grano medio a grueso, de color pardo oscuro a rojizo y de carácter friable, con espesor hasta de 1,5 metros, intercalados con niveles delgados de chert gris oscuro y hacia la base niveles de chert de color gris negro y pardo por oxidación, en capas delgadas con estratificación plano-paralela, separadas por niveles delgados de limolitas y arenitas de grano fino, blancas a amarillentas con foraminíferos. El conjunto intermedio está conformado por capas gruesas de arenitas cuarzosas blancas, con bajo porcentaje de glauconita y moscovita, que varían de grano medio a fino, algunas veces mal cementadas y ocasionalmente con cemento silíceo. Hacia la base, los paquetes de arenitas presentan restos de peces y son levemente fosfáticas hacia el tope, cuarzoarenitas de grano fino, bien redondeado con buena selección y de carácter friable en capas de 20 a 150 cm con estratificación plano- paralela, dispuestas sobre un paquete con niveles de chert de color negro y gris, estratificado en capas delgadas. El conjunto inferior está compuesto por una alternancia de lutitas fisiles negras y grises oscuras con niveles delgados de calizas gris azulosas con concreciones lenticulares muy fosilíferas. [1]

Espesor y contactos. El espesor de las dos unidades en la sección de la quebrada Itaibe (Mendivelso 1993) es de 140 metros (Figura 3.7). El contacto inferior, con la Formación Loma Gorda, es concordante neto, marcado por la aparición de una capa de chert negro. Este contacto se distingue claramente sobre la quebrada Pedernal, en el área de La Cañada (B10) y en la sección de la quebrada Itaibe (G4). El contacto superior se observa al este de la hacienda El Hatillo (G9) y en la sección de la quebrada Itaibe (G4), en donde se encuentra un nivel de arcillolitas rojizas de la Formación Seca, sobre capas medias de arenitas fosfáticas de grano medio pertenecientes al segmento superior del Grupo Olini.

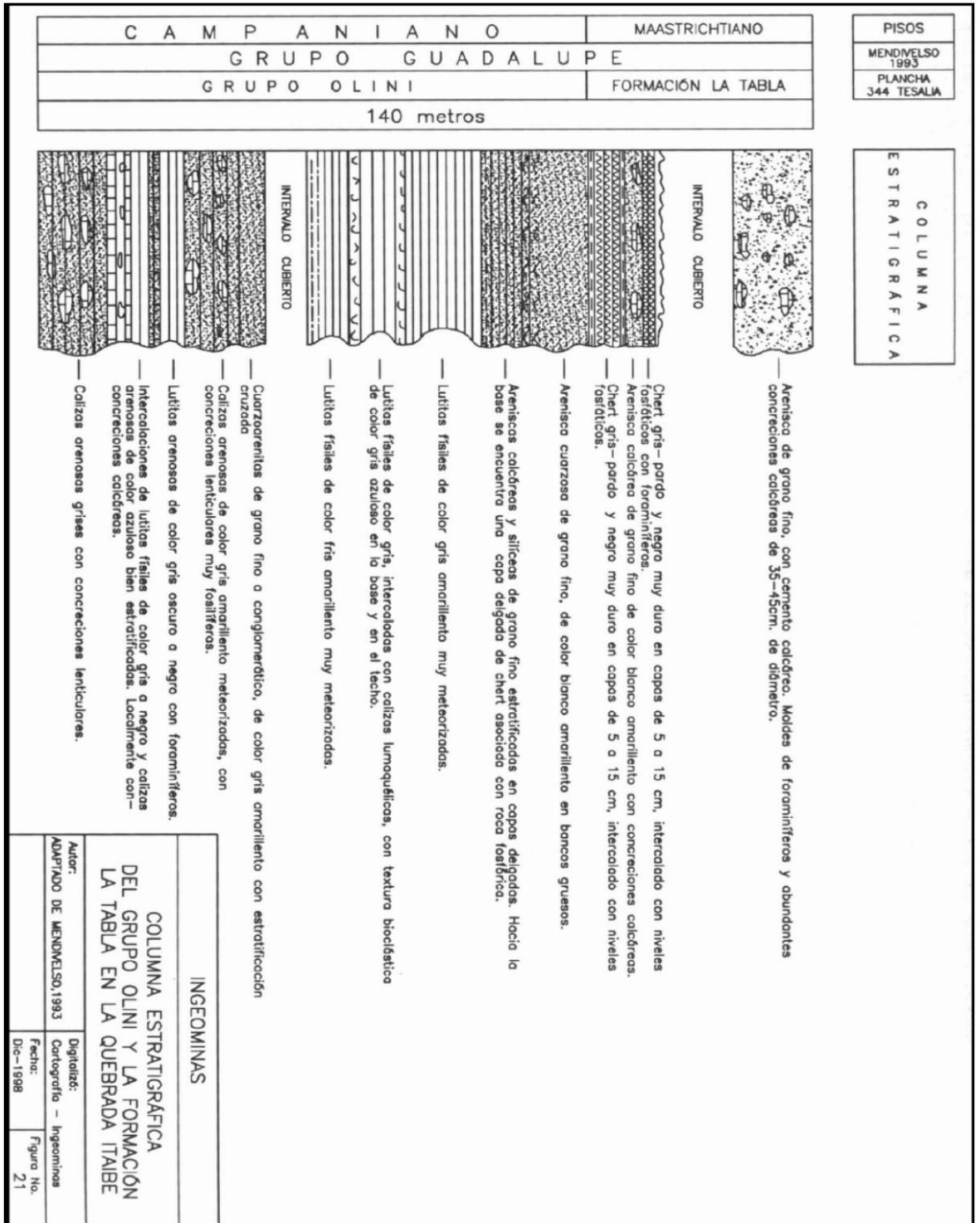
Edad. Según Vergara (1994), el Grupo Olini tiene una edad correspondiente al Santoniano-Campaniano tardío. En Julivert (1968), la Formación La Tabla se reporta con una edad correspondiente al Maastrichtiano, con ayuda de dataciones provenientes de estudios micropaleontológicos de foraminíferos. [1]

3.3.3.1.2 Formación Seca (KPgs)

Porta (1965) propuso el nombre de esta unidad para definir una sucesión de arenitas y lutitas rojizas que estratigráficamente está intercalada entre las formaciones Cimarrona y Hoyón y cuya sección tipo se localiza en la quebrada Seca, ubicada al sur de la población de Cambao (Cundinamarca). [1]

En la Plancha 344 ha sido usado este nombre para describir el conjunto de lodolitas y arenitas rojizas, que se encuentran intercaladas entre las rocas sedimentáreas marinas cretácicas, del Grupo Olini – Formación La Tabla y la secuencia rudítica continental del Paleógeno, que conforma el Grupo Chicoral.

Figura 3.7 - Columna Estratigráfica del Grupo Olini y la Formación La Tabla en la Quebrada Itaibe.

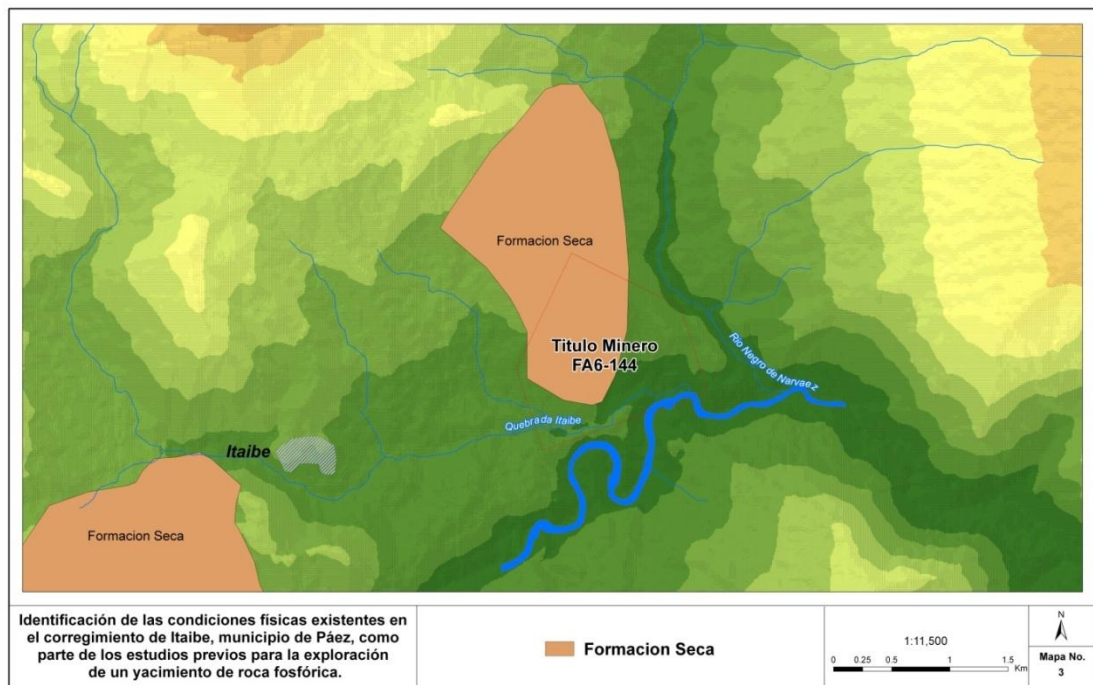


Fuente: Memoria explicativa de la Plancha 344 – Tesalia.

Espesor y contactos. El espesor estimado para esta formación, en el sector de la hacienda El Hatillo (G9), es de 550 metros. El contacto inferior con la Formación La Tabla es de carácter neto y se define con la aparición del primer paquete de cuarzoarenitas de color gris crema de la Formación La Tabla. El contacto superior es discordante, marcado en la última capa de arenisca de color gris oscuro que infrayace la arenisca de grano medio a conglomerático de tono rojizo con que se inicia el Grupo Chicoral.

Edad. La edad de la Formación Seca es Maastrichtiano-Paleoceno, teniendo en cuenta los datos aportados por Porta (en Julivert, 1968).

Figura 3.8 – Mapa de ubicación de la formación seca.



3.3.3.2 Cenozoico

El Cenozoico en esta área está representado por rocas sedimentarias que afloran en el valle superior del Magdalena.

3.3.3.2.1 Depósitos cuaternarios

Los depósitos cuaternarios cartografiados en esta zona son amplios y variados por su distribución, génesis y características.

A continuación se explican brevemente estos depósitos por separado según su génesis y sus características morfológicas así:

3.3.3.2.1.1 Abanicos antiguos (Qaa):

Se trata de mesetas altas y aisladas, producto del depósito y posterior disección de lahares antiguos. Los más ampliamente distribuidos están ubicados sobre el valle del río Páez, y llegan a su desembocadura en el río Magdalena (H6, H7, H8, H9).

Los materiales que conforman esta unidad son fragmentos angulares a subangulares con diámetros desde 5 hasta 70 cm, dispuestos de manera caótica y constituidos por vulcanitas de la Formación Saldaña (60%), plutonitas del Batolito de Ibagué (30%), pumita (<10%) y otros líticos (<10%).

En cuanto a su edad, se asume que fueron formados durante el levantamiento de la Cordillera Central durante el Plioceno-Pleistoceno (Ruiz, 1981, en Velandia., 1996). [1]

3.3.3.2.1.2 Terrazas pumíticas (Qtp):

Son depósitos de arenas pumíticas de grano grueso a fino con matriz arcillosa, intercaladas con aglomerados de guijos compuestos de vulcanitas 50 a 60%, plutonitas 10 a 20%, cuarzo 5%, calizas 5%, arenitas de grano fino a medio 5% y otros 5%. También se presentan intercalaciones de capas medias a gruesas de arcillas de tonos verdosos y crema. Las arenas tienen una gradación normal y se encuentran en capas gruesas con estratificación cruzada. Los contactos entre las capas son ondulados y erosivos (Velandia, 1996). [1]

Su mayor exposición es en la margen norte del río Páez, en el área comprendida entre el casco urbano del Municipio de Tesalia y sus alrededores, hasta su desembocadura en el río Magdalena.

Esta unidad reposa discordantemente sobre rocas correspondientes a los grupos Chicoral y Olini y las formaciones Doima, Potrerillo, Seca, Hondita, Loma Gorda y Saldaña. En cuanto a su génesis, se asumen como resultado del depósito aluvial de los ríos Páez, Magdalena y Yaguaracito a partir de la erosión de materiales volcánicos de abanicos (Qaa) o de flujos piroclásticos antiguos.

3.3.3.2.1.3 Abanicos recientes (Qar):

Son depósitos recientes ampliamente distribuidos a lo largo del piedemonte oriental de la Cordillera Central. La principal diferencia cartográfica que existe con los abanicos antiguos es su escasa disección, la conservación del ápice de la estructura y la relación directa del depósito con la corriente de agua que la forma (Velandia, 1996). [1]

El principal representante de estos abanicos en la Plancha 344, es el Abanico de Íquira que

presenta un área total aproximada de 12 km² y un espesor variable entre 10 y 50 m (D9). Aunque no existen dataciones que permitan conocer la edad absoluta de algunas de estos depósitos, por su posición estratigráfica, características y asociación, se asume que pueden ser de finales del Pleistoceno hasta el Holoceno (Velandia, 1996). [1]

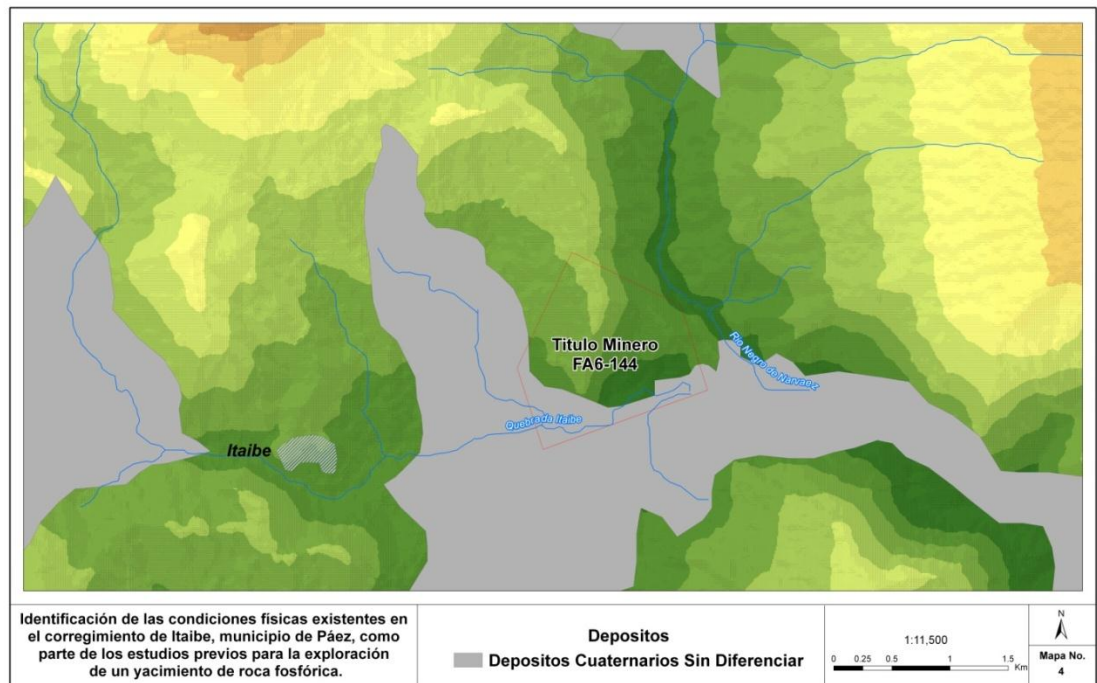
3.3.3.2.1.4 Depósitos coluviales (Qc).

Son depósitos de pendiente asociados con trazos de fallas en zonas montañosas. Aunque en el área de

La Plancha 344 se identifican numerosos depósitos de pendiente, sólo se cartografiaron los que presentan mayor área, esto debido principalmente a la escala de trabajo. Los principales depósitos de pendiente, asociados con trazos de fallas importantes se encuentran en el extremo suroccidental de la plancha, asociados con la Falla de La Plata, en el sector de El Hato (G3) y al noreste de Itaibe.

En la figura 3.9 se presenta el mapa donde se ubican los depósitos cuaternarios.

Figura 3.9 – Mapa de ubicación de los Depósitos Cuaternarios.



3.4.3.2.1.5 Depósitos aluviales (Qal):

Agrupan los sedimentos aluviales transportados como material de arrastre, ubicados en el

cauce principal y las terrazas bajas de los ríos Magdalena, Páez, La Plata, Yaguará, Pedernal, Callejón, Pacarní, Yaguaracito, Macurí y las quebradas Guyubito, El Carbón y Motilones. El material que los compone en tamaño y composición es variado y depende de la dinámica de las corrientes y las unidades geológicas aflorantes en las cuencas que drenan.

3.3.4 GEOMORFOLOGÍA

El municipio de Páez y en especial la región de Tierradentro, están catalogados por el IGAC como zona de intensa actividad volcánica desarrollada en la cordillera central, y los fuertes movimientos tectónicos ocurridos en todo el departamento del Cauca, han dado como resultado un relieve heterogéneo que sustenta en gran parte la diversidad de climas, trayendo por consiguiente una variada presencia de vegetación natural. [6]

De tal manera que el municipio presenta una topografía formada por un fuerte sistema montañoso ramificado, fuertes depresiones y valles interandinos, que determinan diferentes unidades geomorfológicas como son: montañas, colinas, formas de pie de montaña, planos lacustres y glaciares y superficies aluviales.

En la cuenca del río Páez zona a la que también pertenece el corregimiento de Itaibe se encuentran unidades geomorfológicas de Pie de Montaña, en donde las unidades fisiográficas más importantes son los coluvios. Estos se encuentran localizados en la base de las montañas de la cordillera central, bien sea por la acción de la gravedad o del agua, originan formas complejas con disección ligeramente profundas.

Los materiales observados son generalmente finos, producto de la meteorización de detritos rocosos diabásicos, basálticos, andesíticos y de esquistos. Las capas de ceniza volcánica presentes son por lo general de poco espesor. También se encuentran rocas ígneas como cuarzodioritas, granodioritas, y cuarzo monzonita, especialmente estas últimas en la población de Tóez, las rocas sedimentarias, presentes, están representadas por areniscas, conglomerados, limolitas y calizas. Las montañas conformadas por rocas sedimentarias, tienen alta soliflucción y erosión laminar severa.

Otras unidades geomorfológicas son las Superficies Aluviales. En donde el proceso de deposición aluvial está restringido casi por completo a los materiales de fondo de los cauces de los ríos y quebradas, existiendo remanentes de terrazas, valles aluviales y coluviales. El río Páez ha formado terrazas y valles típicamente aluviales y en algunas terrazas predominan material volcánico, arrastrado por el río desde el Volcán Nevado del Huila.

3.3.5 TECTÓNICA

Ingeominas (1994) argumenta que la definición tectónica al oriente de la Cordillera Central no es regular, porque los sistemas de fallamiento del Valle del Magdalena se deflectan al occidente para permitir inmediatamente al sur el adosamiento de la cordillera oriental a la central. [6]

La región de interés se encuentra entre la falla de Itaibe y la falla de La Plata, delimitando esta última las dos regiones morfoestructurales en las que se divide esta parte oriental del departamento del Cauca y parte occidental del departamento del Huila, las cuales son la región sur occidental del valle superior del Magdalena y el borde oriental de la Cordillera Central.

En la vía que conduce a Nátaga existen zonas de alta inestabilidad debido a la actividad de fallas satélite asociadas a las fallas de La Plata e Itaibe.

3.3.5.1 Falla de La Plata

Define el límite suroriental de la Región Tectónica Cordillera Central, y a su vez hace parte del Sistema de Chusma (Dixon, 1953). Este sistema permite el cabalgamiento de las rocas cristalinas pertenecientes a la Cordillera Central sobre la secuencia sedimentaria que aflora en el valle de río Magdalena. La Falla de La Plata presenta una dirección N42°E y vergencia hacia el este, con un plano de falla inclinado entre 50° y 65° en superficie. Es de esperar que este ángulo disminuya a medida que aumenta la profundidad, de acuerdo con la geometría de cabalgamiento existente a lo largo del Sistema de Chusma en este sector del valle superior del Magdalena. [1]

3.3.5.2 Región tectónica Valle del Magdalena

Estructuralmente, toda la región está fraccionada en bloques o cuñas tectónicas, orientadas SW - NE y limitadas por fallas de cabalgamiento con vergencia hacia el SE. También se observan pliegues de gran extensión y retrocabalgamientos con menor longitud asociados a estos cabalgamientos. Una de las estructuras principales es la falla de Itaibe.

3.3.5.2.1 Falla de Itaibe

Se trata de un retrocabalgamiento de la Falla de Pacarní y su dirección es variable, de N30°E en el sector de Matanza, y N40°W en el sector de Las Mercedes, donde se une con la Falla de La Plata. La inclinación del plano de falla es hacia el este y forma en conjunto con la Falla de La Plata una cuña tectónica de 50 km² en el área de la Plancha 344 Tesalia, ubicación del proyecto de interés. Esta cuña involucra rocas de edad cretácica y terciaria, así como depósitos cuaternarios, poco consolidados, que estructuralmente se comportan como una depresión tectónica limitada por fallas de cabalgamiento y cuya expresión morfológica es el valle del río La Plata.

3.3.6 SISMICIDAD

El movimiento de subducción producido por la convergencia de las placas de Nazca y Suramericana generó gran compresión en bordes, que dio como resultado la acreción de la cordillera de Los Andes. Estas enormes fuerzas produjeron la ruptura y fracturamiento de la corteza resultando un gran número de fallas a lo largo de la zona de contacto. Estos sistemas de fallamiento en el occidente de Colombia han generado en el pasado reciente, sismos con consecuencias catastróficas para los asentamientos humanos.

El riesgo sísmico está íntimamente ligado con la cantidad, magnitud e intensidad de los sismos o temblores que han ocurrido en la región (historia sísmica de la región), de modo que para evaluarlo se deben tener en cuenta los registros sísmicos, tanto los instrumentales como históricos.

Como es de conocimiento general, la mayor parte de los sismos se originan en movimientos tectónicos, eventos que son los que dan lugar a la repentina liberación de energía al ocurrir el desplazamiento de las estructuras geológicas que están sometidas a los esfuerzos propios de la dinámica ya conocida de la tectónica de placas, la cual tiene ocurrencia principalmente a lo largo de las fallas geológicas de las zonas de subducción y del plano de Benioff (plano de la placa subducida).

Ingeominas afirma (Plancha 344 Tesalia) que debido a el relieve, la conformación y la actividad geológica, el área que cubre la plancha es una zona muy dinámica y está expuesta a fenómenos sísmicos, volcánicos y a procesos de erosión y remoción en masa. Aproximadamente el 80% del área, se encuentra intervenida por el hombre que ha alterado el equilibrio natural y acelerado extensos fenómenos de remoción en masa. Siendo dichos fenómenos geológicos los más frecuentes, y están directamente relacionados con la erosión. Con menor frecuencia, pero mayor capacidad destructiva, se han presentado fenómenos sísmicos que afectan directamente el área de interés.

En el anexo 4 se proporciona un mapa (figura 1) en donde se ubican los epicentros de los sismos detectados por la Red Sismológica Nacional.

Los departamentos del Huila y Cauca tienen una intensa actividad sísmica, lo que los cataloga como áreas de riesgo sísmico alto dentro del panorama nacional.

En el anexo 3 se señalan los sismos reportados por la Red Sísmica Nacional entre 1993 y 2010. Para mayor información sobre eventos sísmicos históricos, el lector puede referirse a la Memoria Explicativa de la Plancha 344 Tesalia en la parte de anexos.

El evento sísmico más importante catalogado en cercanías del área ocurrió el 6 de junio de 1994 con magnitud 6,2 en la escala de Richter y epicentro en el Municipio de Páez (Ingeominas, 1994). La liberación de energía de este evento sísmico desestabilizó suelos y

rocas en la cuenca alta del río Páez, que favorecidos por la alta pendiente ocasionaron incontables deslizamientos en suelos residuales saturados por las intensas lluvias.

Los daños ocasionados por este sismo, a lo largo del cauce del río Páez, fueron de tres tipos:

- *Estructurales*. Se presentaron daños parciales y totales en viviendas y otras obras civiles en las poblaciones de Riochiquito, Rionegro, Nátaga, Belalcázar, Íquira, Tesalia y Pacarní (Ingeominas 1994).
- *Por deslizamientos y flujos puntuales*. Este evento facilitó el desarrollo de fenómenos de remoción en masa, en donde se presentaron casos puntuales de destrucción de obras civiles por derrumbes.
- *Por flujos de escombros o avalancha*. El sismo ocasionó el desprendimiento de enormes cantidades de suelo, árboles, restos de escombros y roca alterada, que unidos a la corriente de agua conformaron una masa viscosa de lodo y escombros que descendió a lo largo de la cuenca del río Páez, y destruyó a su paso obras civiles aledañas al cauce del río y sus afluentes principales.

Respecto a este último tipo de daño ocasionado por el sismo de Páez, cabe anotar que este fenómeno se acentúa por las condiciones de desequilibrio de numerosas cuencas hidrográficas, representando un alto riesgo.

La ocurrencia de este fenómeno debe recordar la posibilidad de nuevos eventos sísmicos de igual o mayor magnitud en el área, debido a la actividad neotectónica existente en toda la región.

En la zona existen otros riesgos tales como; fenómenos de erosión y remoción en masa con deslizamientos y flujos puntuales, flujo de escombros o avalancha.

3.3.7 CLIMATOLOGÍA

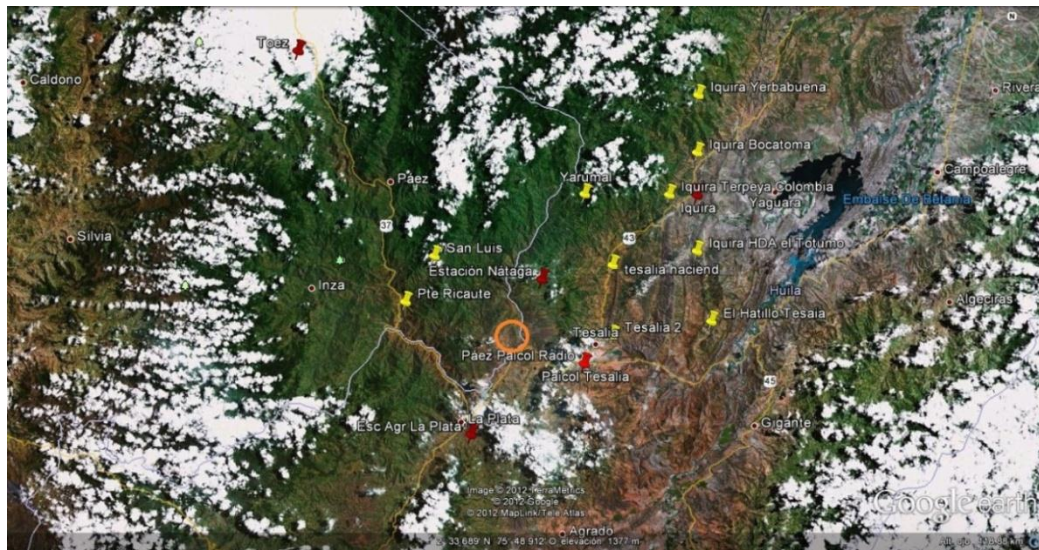
Los factores más estrechamente relacionados con el clima son: temperatura, precipitación, humedad, vientos, brillo solar. Tales factores influyen en el desarrollo de la biodiversidad y la economía agropecuaria de la región.

Para la caracterización climática se recurrió a la información proveniente de las estaciones meteorológicas más cercanas administradas por el IDEAM. En la tabla 1 del anexo 5 se presenta la ubicación en la que se encuentra cada una de las estaciones cercanas al lugar de interés, resaltando que la información para conocer las condiciones climatológicas del sector fueron las estaciones: Toez en el municipio de Páez, Páez Paicol Radio en el municipio de Paicol, Iquira en el municipio de Iquira, Nátaga en el municipio del mismo nombre y Escuela

Agrícola La Plata en el municipio de La Plata, por ser las estaciones que se encuentran más cerca al área de influencia del proyecto.

En el área se encuentra información de 29 estaciones climatológicas; 6 de ellas ubicadas en el municipio de La Plata, 2 en Paicol, 3 en Tesalia, 6 en el municipio de Iquira, 2 en Nátaga y 10 en el municipio de Páez. De las cuales solo existen 2 estaciones climatológicas principales, Los Alpes Automática, en el municipio de Páez ubicada a una altura de 4530 msnm y la Esc Agr La Plata a una altura de 1070 msnm, se escogió la segunda por estar más cerca de la zona de interés y a una altura conveniente. Por su parte Páez solo contaba con una estación climatológica ordinaria suspendida en junio de 1994, las restantes son entre limnimétricas y pluviométricas. En el municipio de Iquira se encuentran dos estaciones climatológicas ordinarias; Iquira y Terpeya Colombia de las cuales fue elegida Iquira, las demás estaciones del lugar son limnimétricas y pluviométricas de ellas se escogieron dos pluviométricas de las más cercanas (Páez Paicol Radio y Nátaga).

Figura 3.10 – Ubicación de las estaciones cercanas a la zona de interés, usando la herramienta SIG Google Earth.



En la figura 3.10, los puntos señalados en rojo corresponden a las estaciones seleccionadas para adquirir la información meteorológica, el área del proyecto está identificada por el círculo naranja.

3.3.7.1 PRECIPITACIÓN

El municipio de Páez se localiza en uno de los ecosistemas más montañosos y frágiles del suroccidente colombiano. Las alturas oscilan entre los 850 y 5365 msnm, permitiendo que se presenten una diversidad de climas y microclimas, que van desde el cálido hasta nieves perpétuas. Su clima también está controlado por fuertes vientos y la orografía, la precipitación promedio anual es de 1525 mm al año. Los períodos de lluvias se dan entre marzo-mayo (lluvia más intensa en mayo) y octubre-noviembre. Los períodos secos entre diciembre-febrero (enero el más seco) y julio-agosto y la temperatura oscila entre los 0° y 20° C.

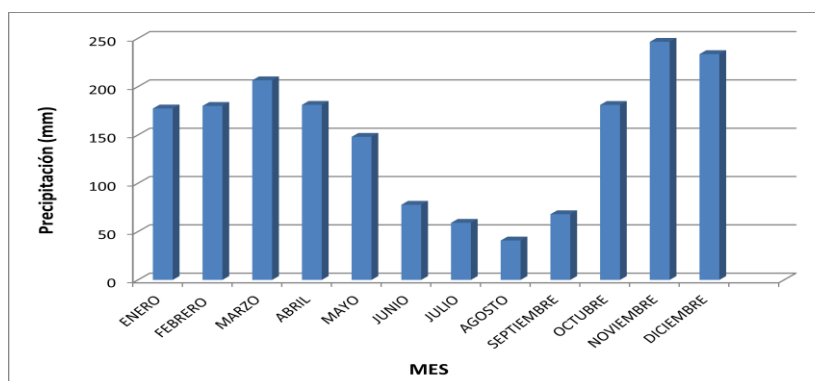
Recordando que la zona de interés pertenece geográficamente al valle Superior del Magdalena se buscaron datos de estaciones cercanas al lugar, ubicadas en su mayoría en el vecino departamento del Huila.

En la tabla 2 del anexo 5 se presentan las estaciones referenciadas para determinar la precipitación en el lugar.

En la tabla 3 del anexo 5 se muestran los valores totales de mensuales de precipitación.

Los datos se solicitaron durante un periodo de dos décadas (desde diciembre de 1990 hasta diciembre de 2010). El gráfico de la figura 3. 11 muestra los valores totales mensuales multianuales de precipitación.

Figura 3.11 – Gráfico de los valores totales mensuales multianuales de precipitación (mm).



En el anexo 4 (figura 2 y 3) se presentan dos mapas donde puede observarse el modelamiento de la distribución de lluvias en la zona para las épocas de verano y de invierno.

De acuerdo con los datos obtenidos de las estaciones analizadas, el mes con el mayor régimen de lluvias es noviembre con un promedio (en todas las estaciones) de 246,4 mm, en particular, para casi las cuatro estaciones analizadas, noviembre es el mes que presenta mayor índice de lluvias, el siguiente valor corresponde al mes de diciembre y luego marzo, en donde puede observarse con claridad dos periodos de lluvias en el año; marzo-abril y noviembre-diciembre,

igualmente, hay un periodo seco o de disminución en las lluvias que corresponde a los meses de julio y agosto, siendo este último el más seco con un promedio general de precipitaciones de 40,8 mm, así mismo, para cada estación en particular agosto sigue siendo el mes en que se registra el menor número de precipitaciones.

Lo anterior evidencia dos periodos de mayor nivel en las precipitaciones, por lo que se identifica un sistema de lluvias tipo bimodal con periodos húmedos marcados de febrero a abril y de octubre a diciembre.

3.3.7.2 TEMPERATURA

Es uno de los parámetros climáticos más importantes ya que su influencia abarca la mayoría de los procesos bióticos y socioeconómicos de una región.

Para la estación Toez, el valor promedio máximo de temperatura es de 17.9 grados centígrados (°C) registrado en el mes de enero, por el contrario el valor mínimo fue reportado en el mes de agosto con 16.6 °C. En la estación Iquira se reportaron temperaturas máximas y mínimas de 24.2 y 22.8°C respectivamente para los meses de septiembre y noviembre. Para la estación Escuela Agrícola La Plata se registra un valor máximo de 22,9 °C en el mes de septiembre y un valor mínimo de 21,7 °C reportado en el mes de julio.

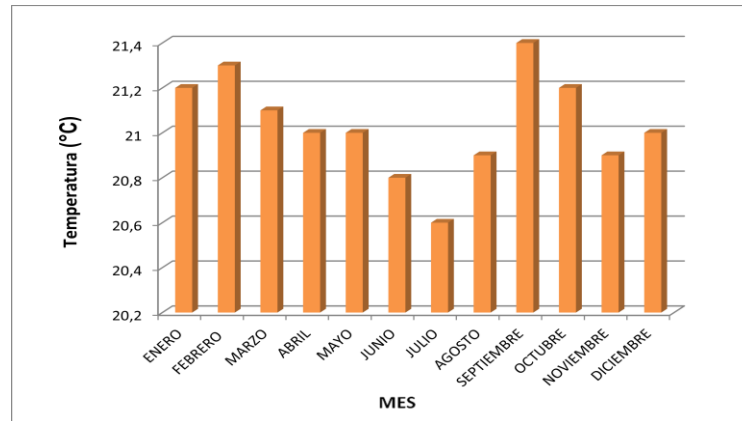
La tabla 4 del anexo 5 presenta los valores para la temperatura media mensual en las estaciones del área de estudio.

En general, para el área se presenta un máximo de temperatura en el mes de septiembre de 21,4 °C y un mínimo de temperatura en julio de 20,6 °C de acuerdo con los valores promediados para las estaciones analizadas.

Es necesario aclarar que en la estación Toez se analizó un periodo de cuatro años, debido a que dicha estación fue suspendida en el año 1994 y se solicitaron datos en un periodo comprendido entre 1990 y 2010, para todas las estaciones.

La figura 3.12 presenta el promedio mensual multianual para los valores de temperatura.

Figura 3.12 – Gráfico de temperatura promedio mensual multianual.

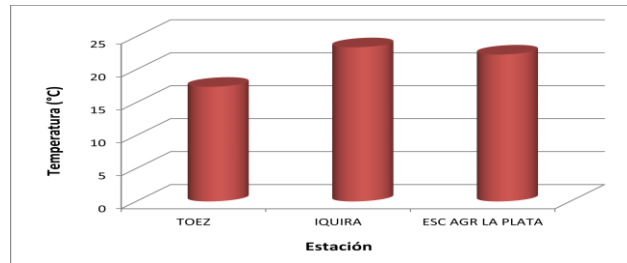


Para cada estación en particular, se encontró que la estación Toez registra el menor promedio anual de temperatura con 17,4 °C. Esto se debe a que su altura (1860 msnm) es mayor con respecto a las demás. La estación que registra el mayor promedio de temperatura es Iquira con valor de 23,4 °C y está ubicada a una altura de 1095 msnm. La estación Escuela Agrícola La Plata registra un promedio anual de 22,3 °C con solo una variación de 1,1 °C con respecto a la estación anterior, en donde cabe anotar que la estación La Plata se encuentra a escasos 25m por debajo de la elevación de la estación Iquira, esto es 1070 msnm.

La razón por la cual no se mantiene una proporcionalidad entre la variable temperatura y la información de altimetría donde se localizan las estaciones meteorológicas analizadas, es porque aparte de la altura en la que se encuentran las estaciones también cuenta el entorno en el que se localizan, por ejemplo, la estación Esc Agr La Plata está ubicada a una menor altura que las demás, sin embargo, no es la que registra la mayor temperatura, esto se debe a que dicha estación se encuentra cercana a el municipio de La Plata, sobre la corriente del río que lleva el mismo nombre. Este lugar está influenciado por el valle de dicho río, además hay una confluencia de unidades geomorfológicas micro las cuales son; montañas y la iniciación del mencionado valle, lo que permite una dinámica en los vientos que hace que el aire caliente no se concentre demasiado en el lugar, mientras que la estación Iquira se encuentra en el espacio abierto del valle del Alto Magdalena y cercana a el embalse de Betania en donde las condiciones orográficas y por tanto climáticas cambian en gran medida.

La figura 3.13 muestra la temperatura media anual para cada estación referenciada.

Figura 3.13 – Grafico de temperatura media anual por estación.



En el anexo 4 (figuras 4 y 5) se presentan los mapas del modelamiento de la distribución de temperatura para la zona.

3.3.7.3 EVAPORACIÓN

La evaporación de una superficie puede expresarse como la cantidad de agua que vuelve a la atmósfera en forma de vapor en la unidad de tiempo. Es importante para determinar la cantidad de agua disponible para ser utilizada.

En la tabla 5 del anexo 5 se presentan los valores medios mensuales de evaporación.

El análisis de la información promedio multianual de las tres estaciones que se encuentran más cercanas al área del proyecto y que registran esta variable climática, permite determinar que en promedio la evaporación anual en el área es de 98,64 mms, siendo la estación Iquira la que registró un promedio más alto de evaporación en su zona de influencia con 114,5 mms, por el contrario, la estación Toez es la que registra el menor valor, con 85,58 mms. Los anteriores resultados se deben a que las dos estaciones, tanto la estación Iquira como la estación Toez, se encuentran bajo condiciones de presión y temperatura diferentes y por consiguiente, puede inducirse que los niveles de humedad relativa son mayores para la ubicación de la segunda estación, por los altos valores de precipitación, la altura y bajos niveles de evaporación, mientras que en el área de la estación Iquira dichos niveles son inversos a los anteriores.

La figura 3.14 muestra los valores de evaporación media mensual multianual.

Figura 3.14 – Grafico de evaporación media mensual multianual.

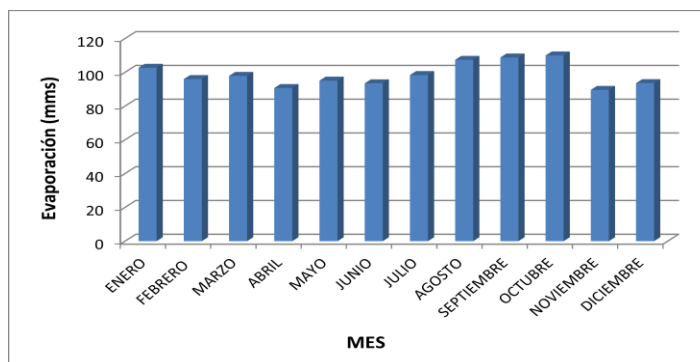
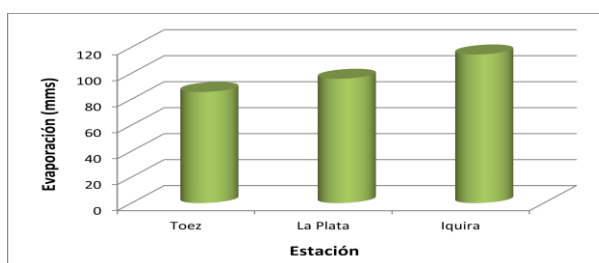


Figura 3.15 – Grafico de evaporación media multianual por estación.



3.3.7.4 HUMEDAD RELATIVA

La humedad hace referencia a la cantidad de vapor de agua presente en el aire, esta medición puede ser absoluta o relativa. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%⁶.

En el anexo 5, tabla 6 se presentan los valores medios, máximos y mínimos mensuales de Humedad Relativa.

El promedio para el área es 78,2 %, teniendo en cuenta solo dos estaciones (La Plata e Iquira) por encontrarse más cercanas a el área y con condiciones orográficas similares.

Los resultados que se presentan en el gráfico de la figura 3.16 permiten observar que para el área existen dos meses en donde se encuentra el mayor porcentaje de humedad, estos son abril y diciembre.

⁶ Tomado de www.wikipedia.or

Figura 3.16 – Grafico de valores medios mensuales de Humedad Relativa.

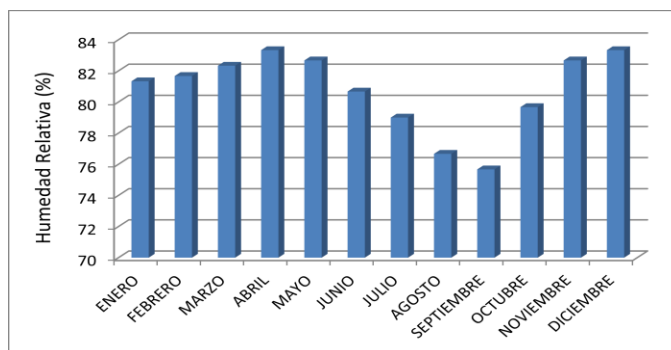
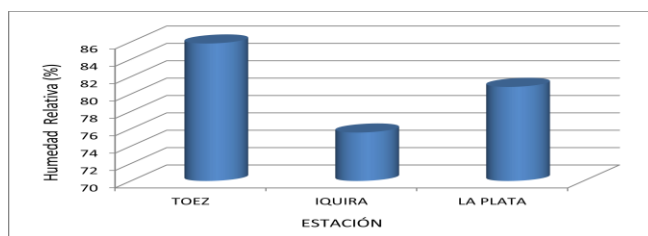


Figura 3.17 – Grafico de valores medios mensuales de Humedad Relativa por estación.



3.3.7.5 RADIACIÓN SOLAR

El brillo solar o insolación es el tiempo durante el cual no hay interferencia a los rayos solares por efecto de la nubosidad.

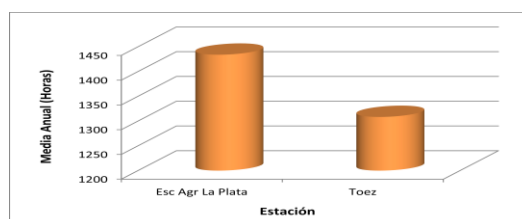
Esta información fue tomada del documento: Fase de Diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Pomch) del Río Páez, Sector Huila, 2009. Aquí, los valores de brillo solar para el área de estudio fueron estimados con base en dos de las tres estaciones meteorológicas que registran esta variable climática en un período de 36 años, donde los promedios anuales para el lugar se encuentran por el orden de las 1.371,22 horas de brillo solar, siendo el valor promedio más alto el de 1.434,06 horas registrado en la estación Escuela Agrícola La Plata, la cual se encuentra localizada en el municipio de La Plata por encima de los 1.000 msnm.

En la tabla 3.1 se presentan los valores de brillo solar medio anual para las estaciones de Toez y Escuela agrícola La Plata.

Tabla 3.1 – Brillo solar medio anual.

ESTACIÓN	MEDIA ANUAL (Horas)
Escuela Agrícola La Plata	1434,06
Toez	1308,39

Figura 3.18 – Grafico de brillo solar medio anual.



3.3.7.6 VIENTOS

El viento en la localidad tiende a desplazarse mayormente hacia el Este en casi todos los meses, es el viento que procede del valle del alto Magdalena, el valle del río Páez y río La Plata y se dirige hacia las montañas y colinas de la parte oriental del área.

Para este parámetro solo se obtuvieron valores en la estación climatológica Escuela Agrícola La Plata y son de hecho valores muy escasos, perteneciente solo a cuatro años (1990, 1991, 2000 y 2001) y no se presentan valores para todos los meses, lo que imposibilita tener un promedio confiable, por lo tanto, solo se tendrán en cuenta los valores máximos y mínimos de la información entregada por el IDEAM.

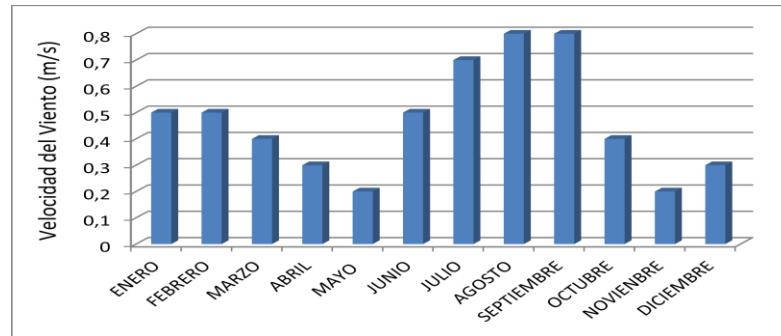
Podría decirse de acuerdo con el valor máximo anual que la velocidad del viento presente en el lugar (2,9 km/h), que no va más allá de la categoría de ventolina.

En la tabla 7 del anexo 5 se presentan los valores máximos mensuales de velocidad del viento.

En el gráfico puede observarse que los meses de mayor afluencia del viento son julio, agosto y septiembre, los cuales tienen los mayores valores para la estación referenciada.

La figura 3.19 muestra los valores máximos mensuales para la velocidad del viento.

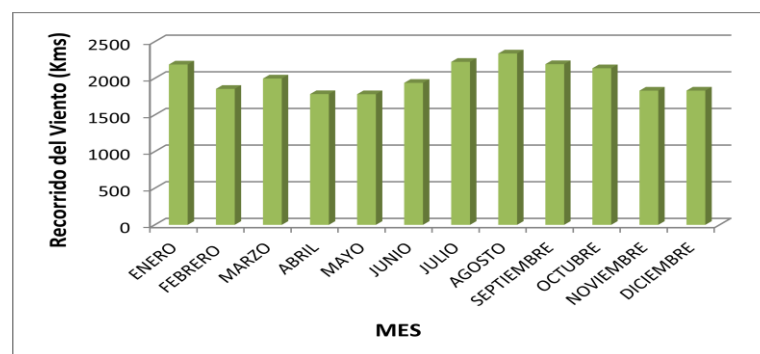
Figura 3.19 – Grafico de valores máximos mensuales de velocidad del viento.



Para tener mayor información sobre el comportamiento de viento en el lugar, se puede tener en cuenta el recorrido del viento. Para esta variable, la estación que registra los mayores valores es la estación Escuela Agrícola La Plata, con un promedio anual de 2183,2 Km. Esta situación se debe en buena parte a las formas de relieve que se presentan en el lugar, así, el viento procedente del valle del río Magdalena se acelera al entrar en una angostura del pequeño valle del río La Plata. Parte de este viento asciende por las laderas de las montañas que son el inicio de la cordillera central. Por otra parte, para la estación Iquira dichos valores son supremamente bajos en comparación con los reportados para la primera estación, este valor es 41,8 Km, quizá se deba a que la estación se encuentra en el valle abierto del río Magdalena. Para la estación Toez el promedio anual es 1834 Km un valor intermedio entre las tres estaciones. En el sitio de ubicación de la estación, la orografía está compuesta por montañas de la cordillera central y el cañón del río Páez.

La tabla 8 del anexo 5 presenta los valores medios mensuales de recorrido del viento.

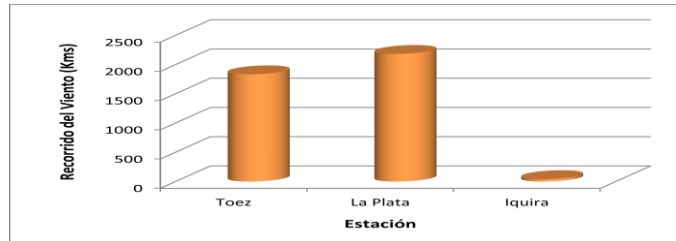
Figura 3.20 – Grafico de valores medios mensuales de recorrido del viento (Kms).



De acuerdo con los promedios mensuales multianuales para el recorrido del viento presentados en la figura 3.20 para las tres estaciones analizadas, el mes de agosto es el que presenta mayor desplazamiento en los vientos, estando acorde con el fenómeno anual en el país (donde se dice popularmente que agosto es el mes de los vientos).

En la figura 3.21 es posible observar los valores medios multianuales de recorrido del viento para cada estación.

Figura No. 3.21 – Grafico de valores medios multianuales de recorrido del viento por estación.



3.3.8 CALIDAD DEL AIRE

De acuerdo a las características del lugar la contaminación atmosférica en esta zona está representada principalmente por las fuentes móviles (vehiculares), que aunque el tránsito no es muy fuerte de todas formas los vehículos representan fuentes de emisión de gases contaminantes, material particulado y también son fuentes de generación de niveles de ruido. Es importante destacar que dentro del área objeto de estudio no se encuentran ubicadas fuentes fijas de contaminación, como hornos, calderas entre otras.

3.3.9 RUIDO

No existe contaminación por ruido.

3.3.10 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El corregimiento de Itaibe hace parte de la cuenca del río Páez, en donde parte del territorio pertenece a la subcuenca media de Páez y la otra parte a la subcuenca del río Negro de Narváez, a esta última se asocian las veredas San Felix, Ascencio y La Esmeralda.

La subcuenca del río Negro de Narváez hace parte de la cuenca del río Páez, la cual comprende territorios de los departamentos del Cauca y del Huila.

3.3.10.1 CUENCA DEL RÍO PÁEZ

El río Páez nace en el páramo de Santo Domingo a 4000 msnm, en la vertiente oriental de la cordillera central, tiene una extensión de 5.267,10 Km², una longitud de 119,9 Km y entrega sus aguas al Río Magdalena a los 600 msnm. Abarca el territorio de 10 municipios (Páez, parte de Inzá, Puracé, Silvia y Jámalo en el Cauca, además de Nátaga, Tesalia, parte de Íquira, Teruel y Paicol en el Huila) Sus afluentes principales son el río La Plata y Negro de Narváez en su zona baja. Abastece de agua a la población que habita en esta región y garantiza condiciones de disponibilidad de agua, seguridad alimentaria (pesca) material de arrastre y energía eléctrica a poblaciones del Cauca y Huila. (Cerón, 2007).

Figura 3.22 – Fotografía del río Páez en inmediaciones de la vereda la esmeralda del resguardo Pickwe Tha Fiw.



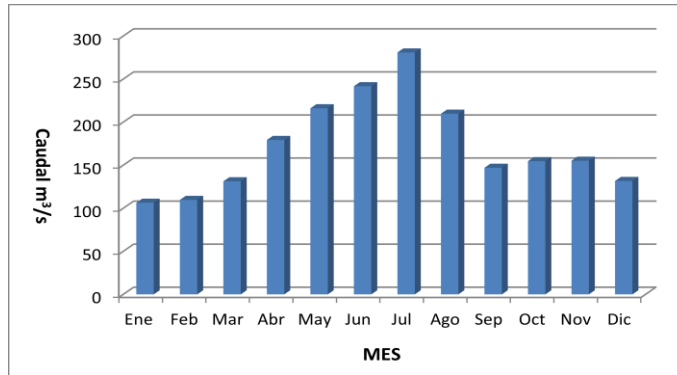
Entre 900 y 1.300 msnm el cauce del río presenta una pendiente del 1 al 3% (plano), el clima es cálido húmedo con transición al seco y medio húmedo con transición al seco, se encuentran suelos moderadamente profundos, con piedras y cascajos como factores limitantes, textura moderadamente gruesa, bien drenados, ligeramente ácidos y buena disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sobre las riveras del río se evidencia una gran presión por parte de los agricultores para utilizar estos predios debido a las bondades que ofrece la acumulación de nutrientes depositados por los procesos de erosión de las partes altas, además de los que transporta el río. Estas zonas por hacer parte del lecho representan una amenaza para quienes viven y desarrollan actividades en el lugar.

La Dirección Territorial Surandina de Parques Naturales Nacionales de Colombia ha desarrollado un estudio sobre la cuenca del río Páez, denominado “Aplicación del Modelo Swat en la Cuenca Páez” en donde la funcionaria María Juliana Cerón Bustamante, colaboró en este proyecto proporcionando la siguiente información sobre dicho río.

En la tabla 9 del anexo 5 se presentan los valores simulados de caudal y producción de

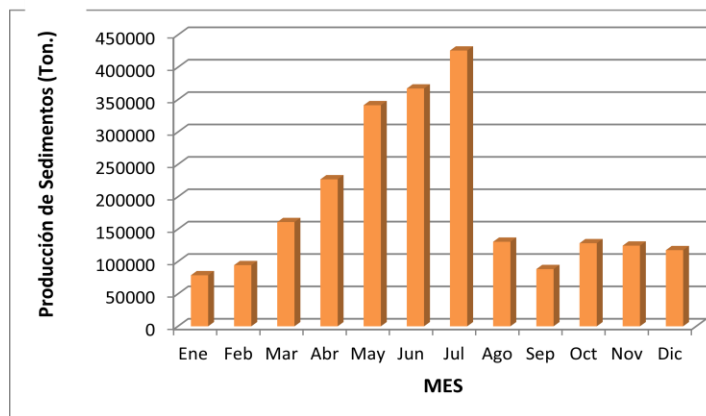
sedimentos vs valores reales. En la figura 23 se presentan los valores para el caudal registrados en la estación Paicol.

Figura 3.23 – Grafico de caudal real total estación Paicol.



Teniendo en cuenta los valores reales de la tabla 9 del anexo 5, se encontró un nivel máximo de caudal presentado en el mes de julio con 280.9 m³/s y un valor mínimo para el mes de enero con 106.4 m³/s, el valor promedio para todo el año es de 172 m³/s. En los datos de producción de sedimentos se tiene que julio también es el mes de mayor arrastre de sedimentos con un valor 425.775 toneladas, y el mes de enero representa el valor mínimo con 78.793,7 toneladas, también se encuentra un valor bajo para el mes de septiembre 88.311,1 toneladas y el promedio anual es de 190.382,56 toneladas.

Figura 3.24 – Gráfico de Producción de Sedimentos en Toneladas.



En los estudios realizados sobre el río Páez, la Unidad de Parques Nacionales Naturales ha utilizado la herramienta computacional SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Es un modelo de precipitación escorrentía de origen estadounidense y viene implementándose desde hace muchos años en Latino América. En Estados Unidos, la Secretaría de Agricultura lo utiliza para la supervisión de distritos de riego y macrocultivos, pero sobre todo para determinar el comportamiento de los caudales, debido a que con esta herramienta no existen problemas de

área, se simula en SIG (Sistema de Información Geográfica) donde se le proporciona un raster de suelo más la cobertura y este simula la respuesta hidrológica del lugar, por esta razón está constituido como una herramienta de planificación.

Dicha herramienta, es de tiempo continuo y opera en intervalo de tiempo diario, permite predecir el impacto del manejo en agua, sedimentos y producción de químicos agrícolas en cuencas hidrográficas. El modelo es fundamentado físicamente (Arnold 1990), usa entradas disponibles de forma constante, es computacionalmente eficiente para operar en grandes cuencas en un tiempo razonable. Es capaz de simular largos períodos para calcular los efectos de manejo ante los posibles cambios en la cuenca. [7]

El trabajo realizado en la cuenca del río Páez ha podido ser calibrado solo hasta en un 80% en algunas áreas. Los datos expuestos en la tabla 9 del anexo 5 están calibrados en el 57%, las gráficas que muestran dicha calibración, se exponen en las figuras 1,2,3 y 4 del mismo anexo.

Al realizar estudios en la cuenca del río Páez basados en datos simulados con la herramienta Swat, se encuentran dos tipos de problemas; uno tiene que ver con que los valores simulados difieren en gran medida con los valores reales para algunas subcuencas, por ejemplo, para la subcuenca del río Negro de Narváz los valores de sedimentación están demasiado distantes de los reales (para ver los datos referirse a la tabla 10 del anexo 5). Otro de los problemas es que solo la parte baja de la cuenca está instrumentada, y sobre la corriente del río Páez ya no existen estaciones limnimétricas debido a que han sido destruidas por las avalanchas que han ocurrido en este río. Dicha situación hace que las mejores mediciones de caudal y de sedimentos solo hayan podido ser calibradas en un 80%.

Al no tener datos de la parte alta de la cuenca del río Páez que comprende un amplio rango altitudinal que va desde los 2000 hasta más de 5000 msnm cubriendo diferentes unidades climáticas (templado, frío, muy frío, subpáramo seco, páramo seco y nival seco), no se tiene información suficiente sobre la precipitación horizontal que también representa un aporte importante de agua.

En los bancos de información de entidades como la Unidad Surandina de Parques Naturales Nacionales no existen estudios de suelos apropiados (realizados por ellos). La razón, la falta de recursos económicos para realizar dichos estudios. El grupo investigador de esta institución no realiza calicatas para la toma de las muestras con el perfil correspondiente, en lugar de ello, solo se limitan a perforar cajuelitas de 50x50 cm que llegan hasta el tercer horizonte. Esto hace que los grupos cartográficos con 5 o 6 tipos de suelos sean analizados en un solo grupo, lo que afecta notablemente los valores para la conductividad hidráulica saturada, densidad aparente, capacidad de campo, porcentaje de materia orgánica y porcentaje de limos, arenas y arcillas, y de esta manera poder obtener valores exactos de niveles de infiltración y de humedad para los suelos de la cuenca, factores determinantes en el comportamiento de la misma. Estos casos son problemas muy precisos que no permiten conocer la oferta hídrica y ciclo hidrológico de esta cuenca que tiene glaciación y es de gran importancia.

3.3.10.2 SUBCUENCA DEL RÍO NEGRO DE NARVÁEZ

La información de la subcuenca del río Negro de Narváez fue suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC, en el desarrollo del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, sobre dicha subcuenca.

La subcuenca del río Negro de Narváez se ubica entre los 1000 y los 3800 msnm, con un área de 331,72 Km² en la parte caucana. Dicha área abarca territorios de los resguardos de Belalcázar, Ricaurte y Cohetando, además de la zona en litigio entre Ricaurte e Itaibe y los corregimientos de Río Chiquito, Araujo e Itaibe. (Solano y Embús, 2008). En el departamento del Huila la subcuenca está conformada por los territorios de los Municipios de Nátaga y parte de Teruel e Íquira; en esta parte, cuenta con una extensión de 450,81 Km². En total la subcuenca cubre una extensión de 782,53 Km². (SIG – CRC). [8]

Figura 3.25 – Fotografía del Río Negro de Narváez.

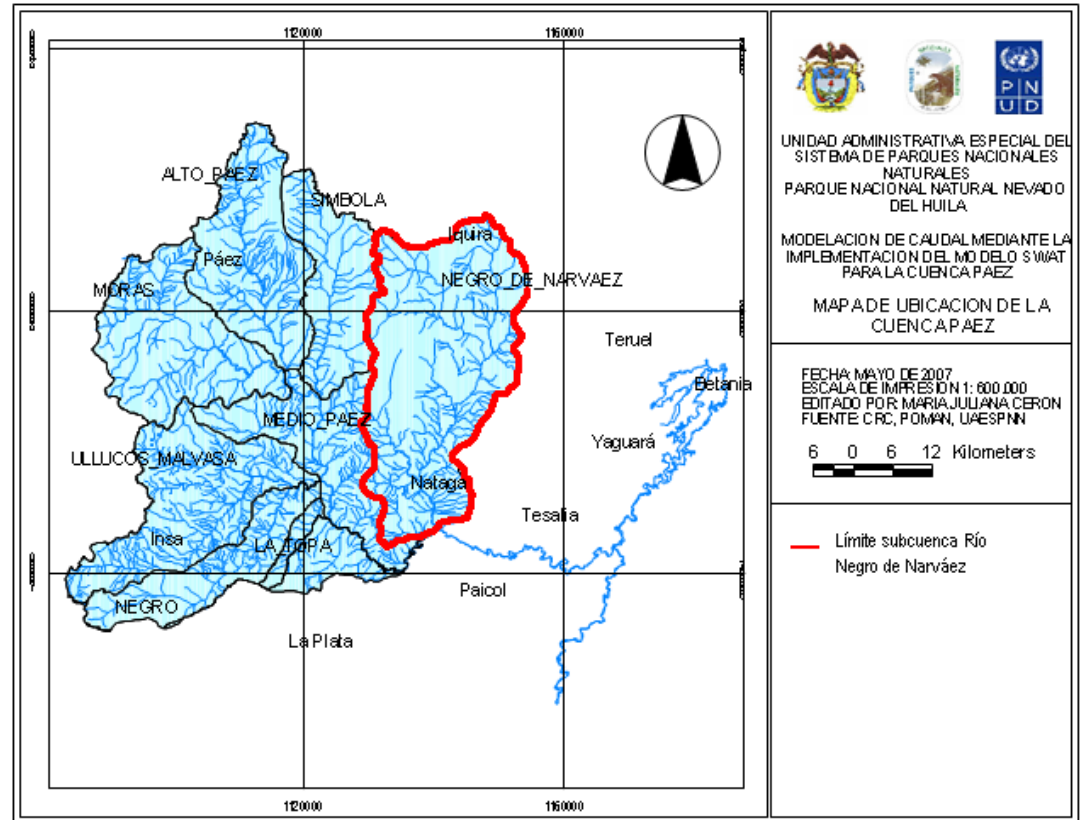


En lo correspondiente al departamento del Cauca la subcuenca recibe los afluentes de las quebradas Mazamorras, Chiquito, El Palmar y Barbacoas como los de mayor importancia (PBOT Páez, 2002).

Esta subcuenca limita por el norte con el departamento del Tolima, por el sur con la subcuenca del Medio Páez y el Municipio de Paicol, por el occidente con los municipios de Tesalia y parte de Teruel e Íquira, al occidente con las Subcuencas de los ríos Símbola y Medio Páez.

En la figura 3.26 se muestra el mapa de localización de la subcuenca del Río Negro de Narváez.

Figura 3.26 – Mapa de localización de la subcuenca del Río Negro de Narváez, en la cuenca del río Páez.



Fuente: Aplicación del Modelo SWAT en la Cuenca Páez. Cerón, 2007

La subcuenca del río Negro de Narváez en la zona Caucana presenta diversos problemas ambientales generados principalmente por las actividades económicas desarrolladas por la población de la zona, las cuales en su mayoría son de vocación agropecuaria, así mismo, la situación ambiental de la subcuenca ha sido transformada por la incidencia de importantes eventos naturales como son las constantes alertas producidas por el volcán Nevado del Huila, sismos, fenómenos de remoción en masa, entre otros.

Tabla 3.2 - Principales usos y problemas de las corrientes más importantes en la Subcuenca del Río Negro de Narváz, en el Municipio de Páez (Cauca).

MICROCUEENCA	USO			PROBLEMAS			
	Consumo	Explotación	Energía	Deforestación	Aguas	Agroquímicos	Residuos
	Humano	Agropecuaria			Servidas		Sólidos
Q. Mazamorras	X	X		X			
Q. Chiquito	X	X		X	X	X	
Q. el Palmar	X	X		X			
Q. Barbacoas	X	X		X	X	X	

Q.= Quebrada Fuente: Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Municipio de Páez-Cauca, 2002.

Dentro de las obras de infraestructura hidráulica presentes en la subcuenca, cabe destacar que las comunidades residentes en la subcuenca no toman el agua directamente de la corriente principal, sino que lo hacen de los diferentes afluentes que tiene la subcuenca.

La vereda La Esmeralda, sitio en el que se ubica el yacimiento de roca fosfórica de interés, se abastece de la quebrada el Guaco como se dijo anteriormente es un afluente de la subcuenca del río Negro de Narváz.

Figura 3.27 – Fotografía de la bocatoma del acueducto Vereda La Esmeralda. Páez, 2008.



FUENTE: Inventario de infraestructuras eléctricas de la subcuenca río Negro de Narváz - CRC.

Otra infraestructura que podemos encontrar en el área cercana a la del proyecto es la bocatoma del distrito de riego Tesalia – Paicol.

Figura 3.28 – Fotografía de la construcción de la bocatoma para el distrito de riego Tesalia Paicol. 2010.



En el anexo 5 se incluye el inventario de vertimientos e información detallada sobre la morfometría de la subcuenca.

3.3.10.2.1 Evaluación de la Oferta Hídrica en la Subcuenca

La oferta hídrica se encuentra representada por el volumen de escorrentía o caudal que una corriente superficial transporta a través de su cauce principal durante un periodo de tiempo determinado; el volumen de dicho caudal depende del tipo y uso de suelo, de las características del relieve y principalmente de la precipitación que cae sobre la cuenca, factor que predomina en la variación temporal de los caudales, (MAVDT, 2007).

A partir de la información hidrológica y climatológica disponible a través de los registros de las estaciones ubicadas en su área de influencia, se realiza la estimación de la oferta hídrica de una zona en particular, con el propósito de que el análisis de ésta información permita estimar la distribución espacial y temporal del recurso hídrico dentro de la zona de estudio.

Figura 3.29 – Fotografía del Río Negro de Narváez 50 m antes de ser intervenido por la construcción de la bocatoma del distrito de riego Tesalia-Paicol.



Para la evaluación de la oferta hídrica de la subcuenca del río Negro de Narváez, el grupo investigador de CRC tomó como referencia la estimación presentada en el documento “Aplicación del Modelo Swat en la Cuenca Páez” (Cerón, 2007), de la unidad de Parques Nacionales Naturales. Este modelo se basa en un balance hídrico para determinar la entrada, salida y almacenamiento de agua en la cuenca. [9]

La información necesaria para aplicar el modelo se obtuvo a partir de los registros de las estaciones localizadas en la zona de estudio, mencionadas en la tabla 11 del anexo 5.

Los resultados de precipitación, evapotranspiración y caudal simulados por el modelo Swat, bajo las condiciones del escenario actual en la subcuenca del Río Negro de Narváez, son los siguientes:

- **PRECIPITACIÓN**

La distribución temporal de las lluvias o régimen pluviométrico que impera en la zona de la subcuenca del río Negro de Narváez es de tipo bimodal, es decir con dos épocas de mayores lluvias intercaladas con dos de menores lluvias, características de las zonas ecuatoriales.

La primera época de mayores lluvias cubre los meses de marzo a mayo y la segunda de octubre a diciembre, siendo esta última más fuerte que la primera ya que para el mes de noviembre y Diciembre se presentan los mayores valores de precipitación en todo el año (308 mm y 265.1 mm respectivamente).

Se mencionó anteriormente que las épocas de mayores lluvias se encuentran intercaladas con las de menores lluvias; la primera de ellas a comienzos de año y la otra a mediados de año entre los meses de Junio a Septiembre, siendo esta más marcada que la primera, en el sentido que para los meses de Julio con 46 mm y Agosto con 33.6 mm de lluvia se presentan los

valores más bajos de precipitación en todo el año.

La tabla 14 del anexo 5 presenta los valores para la precipitación media mensual multianual, simulada por el modelo Swat en la subcuenca del Río Negro de Narváez. Estos resultados también pueden observarse en el gráfico de la figura 5 del mismo anexo.

- **EVAPOTRANSPIRACIÓN**

El término evapotranspiración se refiere, en climatología a la pérdida de agua por evaporación de la superficie del suelo y la transpiración o transferencia de vapor de agua a la atmósfera por parte de las plantas.

El agua se pierde de la superficie del suelo por la evaporación, bajo la influencia de una serie de factores como son la capacidad de la atmósfera para absorber al vapor de agua, la condición de la superficie del suelo, la cantidad de agua presente en las capas superficiales y que está sujeta a evaporación, y la capacidad de retención de humedad de las capas profundas.

La variación temporal de la evapotranspiración en la zona de la subcuenca del Río Negro de Narváez, coincide en comportamiento de los valores mensuales con los de la precipitación, es decir en los meses que cae más lluvia sobre el área de la subcuenca se presentan del mismo modo los mayores valores de evapotranspiración y de igual manera para los meses más secos, ratificando lo expuesto anteriormente respecto de la incidencia de la cantidad de agua presente en las capas superficiales del suelo para la variación de este parámetro. Sin embargo, no se presentan fluctuaciones muy marcadas respecto del mismo a lo largo del año.

En la tabla 15 y la figura 6 del anexo 5 se presentan los valores para la evapotranspiración media mensual multianual, simulada por el modelo Swat en la subcuenca del Río Negro de Narváez.

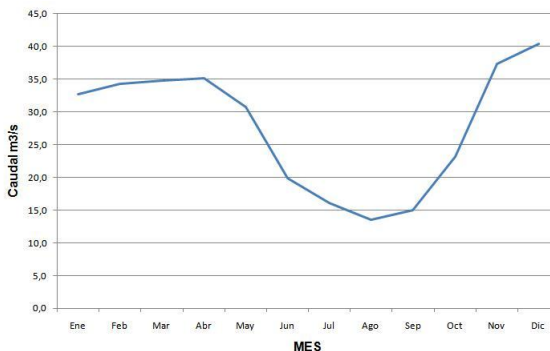
- **CAUDAL**

Al observar los resultados obtenidos para el caudal medio mensual multianual simulado con la aplicación Swat para la subcuenca, es posible notar que se presentan dos periodos claramente diferenciables durante el año en cuanto a la cantidad de agua que porta a lo largo del año. Estos periodos de aumento del caudal a partir del mes de Octubre y continuando esa tendencia hasta el mes de Diciembre coincide con el incremento de las precipitaciones sobre la subcuenca para el mismo periodo; En los primeros meses del año el caudal disminuye, aún cuando no de manera significativa, luego se mantiene sin importantes variaciones hasta la entrada de la temporada de disminución de las lluvias a mitad de año entre los meses de Junio a Septiembre donde alcanza el menor valor (13.5 m³/s, en el mes de Agosto) en el año. Esta dinámica coincide con la de las precipitaciones respecto de la distribución temporal, evidenciando la dependencia de la oferta hídrica en dicha corriente por estos eventos.

En la tabla 16 del anexo 5 se presenta los valores para el caudal medio mensual multianual,

simulado por el modelo Swat en la subcuenca del río Negro de Narvárez. Este resultado también puede observarse en la figura 3.30.

Figura 3.30 – Grafico de caudal medio mensual multianual simulado con el modelo Swat, para la subcuenca del río Negro de Narvárez.



De acuerdo con los estudios realizados, el balance hídrico para la subcuenca del río Negro de Narvárez, en general cuenta con una buena oferta de agua en el año ($32.15 \text{ m}^3/\text{s}$), sin embargo los mismos resultados permiten observar que en el año existen dos meses con déficit de agua (Julio y Agosto) dentro de la evaluación del balance hídrico mensual multianual, esta condición particular para los dos meses en mención no representa una escasez total del recurso en ese periodo debido a las reservas del líquido durante el resto del año, no obstante, es importante tener en cuenta esta condición para planificar de una mejor manera el acceso y la demanda del recurso, especialmente en las dos principales actividades consuntivas presentes en la zona (demanda doméstica y agropecuaria), para garantizar el acceso permanente al agua sin afectar de manera significativa los requerimientos naturales y ecosistémicos del recurso en la subcuenca.

Para mayor información sobre el balance hídrico mensual multianual calculado para la subcuenca del río Negro de Narvárez, por favor referirse a la tabla 17 del anexo 5.

En la subcuenca del río Negro de Narvárez las labores de monitoreo efectuadas por parte de los grupos de la CAM sobre la corriente principal, y de la CRC sobre fuentes en la zona Caucana de la misma, proveen información puntual para el acercamiento a un perfil de calidad del recurso hídrico en la subcuenca.

3.3.10.2.2 Determinación de las Características Físicoquímicas, Microbiológicas y Biológicas del Río Negro de Narvárez

Este análisis comprendió la realización de un muestreo puntual, el cual fue realizado el 6 de marzo de 2008. In situ se midieron los siguientes parámetros:

- Oxígeno Disuelto: Se refiere a la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

- pH: Potencial de hidrógeno, es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias.
- Conductividad: Se define como la capacidad de que una sustancia pueda conducir la corriente eléctrica, y por tanto es lo contrario de la resistencia eléctrica.
- Turbiedad: Es producida por las partículas coloidales del suelo, en su mayor parte de tipo inorgánico con algo de presencia de materia orgánica.
- Temperatura del agua.

Para la determinación de los demás parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se tomaron muestras de agua en cada una de las estaciones de muestreo, fueron rotuladas y debidamente preservadas para ser transportadas al laboratorio de análisis de aguas de la Universidad Corhuila para sus respectivas valoraciones. Los resultados de los diferentes parámetros requeridos para la evaluación de la calidad del agua fueron usados para establecer las características del recurso hídrico en la corriente, y para el cálculo del Índice de calidad de agua (ICA), Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) e índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), utilizados en la valoración de la calidad y grado de contaminación del recurso.

Las estaciones donde se realizaron los muestreos fueron las siguientes (ver Figura 3.31):

- Estación 1 (E1): Puente Río Chiquito estación hidrométrica.
- Estación 2 (E2): 500 metros aguas abajo de la descarga del vertimiento del centro poblado de Río Chiquito.
- Estación 3 (E3): Después de la descarga del casco urbano de Nátaga.
- Estación 4 (E4): Punto cercano a la desembocadura sobre el Río Páez.

Figura 3.31 – Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo sobre la corriente del río Negro de Narváez.



Además de los puntos de monitoreo sobre la corriente principal del río Negro de Narváez, se realizaron muestreos a las fuentes de agua del río de Narváez y la Quebrada Barbacoas dentro de la zona de la subcuenca en jurisdicción del departamento del Cauca. La fuente Río de Narváez hace referencia a la corriente aguas arriba de la confluencia entre dicha corriente y la del Río Negro (también conocido en la zona como río Chiquito). Desde el sitio en donde se unen estas dos corrientes y hacia aguas abajo, el río toma el nombre de Río Negro de Narváez. Por otra parte, la Quebrada Barbacoas es una fuente importante hacia la zona media y media-baja de la subcuenca ya que recorre varias áreas pobladas de la misma, para finalmente desembocar en el río Negro de Narváez. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, tanto para la corriente principal como para los otros puntos mencionados en la subcuenca del río Negro de Narváez se presentan en la tabla 3.3. El anexo 5 (figuras 7 a 12) contiene el comportamiento de los parámetros de acuerdo con las medidas hechas en cada estación de muestreo.

Tabla No. 3.3 - Resultados del monitoreo de calidad del agua en la subcuenca del Río Negro de Narváez.

Parámetros	Unidad	Estaciones sobre la corriente principal				Otros puntos de muestreo	
		1	2	3	4	5	6
pH	Unidades de pH	5.50	7.00	6.20	7.40	7,33	7.39
Oxígeno disuelto	mg/L	6.83	5.48	6.44	6.70	14,74	11.61
Conductividad	us/cm	130.0	250.0	100.0	200.0	52,8	71.1
Turbidez	NTU	13.1	10.0	58.0	155.0	6.4	14.5
Temperatura	°C	20.3	24.1	23.7	24.5	14,6	19.5
Temperatura ambiente	°C	26.0	27.0	25.0	25.3	17.0	23.0
DQO	mg/L	10.4	5.0	44.2	25.4	20.4	9.5
DBO	mg/L	<5.0	<5.0	20.9	12.3	< 0.5	< 0.5
Nitratos	mg/L	0.6	0.6	1.9	2.6	3.03	1.09
Nitritos	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.05
Fosfatos	mg/L	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.06
SST	mg/L	24.0	27.0	77.0	216.0	10.7	21.5
Coliformes Totales	NMP/100 ml	41.7	24.0	224.0	77.0	> 2419.6	> 2419.6
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	17.0	9.0	45.0	28.0	35	344.8

1: E1, 2: E2, 3:E3, 4: E4, 5: Río de Narváez, y 6: Quebrada Barbacoas

De acuerdo con estos resultados se puede afirmar que:

- El pH se encuentran dentro de un rango aceptable de (5 – 9), tendiendo al valor neutro (7.0); el valor más bajo registrado (estación E1) fue de PH=5.50, lo que puede corresponder a las características de origen volcánico del tipo de suelo donde inicia la corriente (la zona más alta de la subcuenca), lo que le confiere el carácter ligeramente ácido al agua. En la medida que avanza la corriente este valor aumenta, con algunas fluctuaciones, debido al aumento del caudal por la recogida de las aguas de otras fuentes durante su recorrido.
- El Oxígeno Disuelto en el agua permanece en un rango de 5.0 a 7.0 mg/l, sin presentar mayores cambios a lo largo del recorrido del río.
- La Turbidez presenta valores de 10 a 155. Las razones para el incremento de turbidez en la corriente pueden asociarse al de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) ya que presentan comportamientos similares a través de las estaciones de muestreo, sin embargo debe considerarse el hecho de que la turbiedad es producida por las partículas coloidales del suelo, material generalmente de tipo inorgánico con algo de presencia de materia orgánica. Los desechos domésticos (aguas residuales) contienen gran cantidad de materia orgánica y algo de material inorgánico que aporta turbiedad,

sin embargo, para la corriente del Río Negro de Narváez, se considera que el aumento en sus valores obedece principalmente a la primera razón puesto que el efecto que causa en este parámetro las descargas de los centros poblados no son significativos respecto a los de los procesos erosivos como puede observarse para el caso del comportamiento de la turbidez entre las estaciones 1 y 2.

- El comportamiento de las Demandas Químicas y Bioquímicas de Oxígeno (DQO Y DBO₅), puede leerse en conjunto a través de las estaciones en la corriente, ya que durante el tramo analizado no presentan una tendencia uniforme para cada parámetro individual. Desde E1 hasta E2 el comportamiento de la DQO y la DBO₅ no es muy variable y además presenta valores bajos. En este tramo el río no se encuentra muy intervenido por la acción del hombre y los valores que se presentan son provocados por los procesos propios de la dinámica del río. Desde E2 hasta E3, se presenta un incremento importante en ambos parámetros. La estación 3 corresponde a un punto después de la descarga de aguas residuales del casco urbano del Municipio de Nátaga, este hecho es probablemente la razón por la cual se tiene un incremento tan marcado, ya que cerca de la descarga el río no tiene mucho espacio para que ocurran los procesos de dilución y asimilación de estas sustancias, si se considera la cantidad de agua que transporta el río por este punto. Finalmente desde E3 hasta E4 los valores de DQO y DBO₅ vuelven a disminuir, confirmando el supuesto hecho en el tramo anterior en el sentido de que, por el caudal que tiene el río si puede producirse un buen efecto de dilución en tramos más extensos. Sin embargo, es claro que aún en caudales como los de este río, las descargas de aguas residuales de los centros poblados y las provenientes de las actividades agropecuarias a lo largo de su corriente, afectan negativamente la calidad del agua que finalmente aporta al río Páez.
- El aumento en la cantidad de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) a través de las estaciones corresponde al hecho mencionado anteriormente respecto de la alta pendiente de la corriente a medida que desciende hasta su desembocadura al Río Páez, lo cual incrementa los procesos erosivos de las laderas del Río, igualmente a medida que la corriente avanza se va encontrando a las diferentes poblaciones que incorporan estos materiales a través de los residuos que generan, sobre todo de las prácticas económicas y productivas, siendo la agropecuaria la principal para esta zona.
- Los resultados de la presencia de Coliformes Totales y Fecales, en las estaciones de muestreo siguen la misma tendencia o comportamiento de las demandas Química y Bioquímica de Oxígeno, por lo que el análisis puede aplicarse de igual manera para el caso de estos parámetros.

Los resultados del análisis de calidad del agua para las corrientes del Río Negro y la Quebrada Barbacoas describen a grandes rasgos su condición, ya que únicamente se tomó una sola muestra puntual en cada una de ellas. Puede decirse en términos generales, que los valores de la mayoría de los parámetros fisicoquímicos medidos se encuentran dentro de los rangos en los que se ubican los mismos parámetros para la corriente del Río Negro de Narváez, señalando una posible tendencia para las corrientes de la zona. Sin embargo, no se presenta un comportamiento similar en los resultados del análisis microbiológico, tal como se puede

observar en la Tabla 3.3, los Coliformes Totales en ambas fuentes presentaron valores superiores a las 2419 NMP/100 ml, y para los Coliformes Fecales los valores también fueron elevados, principalmente para la Quebrada Barbacoas (344.8 NMP/100 ml), indicando entre ambos parámetros una contaminación biológica considerable, provocada posiblemente por los desechos del ganado vacuno que se encuentra ubicado en la zona de influencia de ambas corrientes y señalando de esta forma, los impactos negativos que ocasiona en el recurso hídrico la inadecuada practica ganadera.

Para relacionar los resultados obtenidos en los muestreos realizados en la corriente del Río Negro de Narváez con los valores mínimos de calidad del agua de acuerdo a su uso final se presenta en la tabla 3.4 la siguiente información.

Tabla 3.4 - Algunos criterios de calidad admisible para la destinación del recurso para diferentes usos (Decreto 1594 de 1984).

Parámetro	Unidad	Consumo humano tratamiento convencional	Consumo humano solo desinfección	Agrícola	Pecuario	Recreativo Contacto primario	Recreativo Contacto secundario
Nitritos	mg/l	10	10	-	10	-	-
Nitratos	mg/l	10	10	-	100	-	-
Oxígeno disuelto	%	-	-	-	-	70	70
pH	-	5,0 – 9,0	6,5 – 8,5	4,5 – 9,0	10	5,0 – 9,0	5,0 – 9,0
Turbiedad	UJT	-	10	-	-	-	-
Coliformes totales	NMP/dl	20.000	1.000	5.000	-	1.000	5.000
Coliformes fecales	NMP/dl	2.000	-	1.000	-	200	-

Haciendo una comparación de los parámetros analizados con algunos criterios de calidad admisible para la destinación del recurso para diferentes usos (Decreto 1594 de 1984), muestran que para el Río Negro de Narváez se encuentran dentro del rango que califica el agua como apta para consumo humano con tratamiento convencional.

Es necesario aclarar que estos son datos puntuales y que para poder hacer un mejor análisis de la destinación de recurso es necesario realizar monitoreos periódicos de la calidad de agua de dichas fuentes.

3.3.10.2.4. Índice de Calidad Ambiental (ICA)

Para el cálculo de éste índice se tienen en cuenta algunas variables fisicoquímicas y bacteriológicas. A cada una de las variables anteriores se le asigna un peso específico de acuerdo con su importancia en relación a la calidad del agua. Los pesos se aplican a cada una de las características mencionadas, para generar la media ponderada que constituye el índice de calidad del agua. Las variables y los pesos son los que se presentan en la tabla 3.5.






Tabla 3.5 - Variables y pesos del ICA de la NSF

PARÁMETRO	PESO (W _i)
Oxígeno Disuelto	0.17
DBO ₅	0.10
pH	0.12
Fosfatos	0.10
Nitratos	0.10
Sólidos Totales	0.08
Temperatura	0.10
Coliformes Fecales	0.15
Turbiedad	0.08

EL ICA se expresa por la fórmula: $ICA = \sum_{i=1}^n q_i \times w_i$






El índice de calidad del agua adopta para condiciones óptimas un valor de 100, que va disminuyendo a medida que aumenta la contaminación en el cuerpo de agua en estudio, este índice se clasifica de acuerdo a la tabla 3.6:

Tabla No. 3.6 - Rangos de Calificación del ICA

Valor del ICA	Calidad de agua	Color
91 a 100	Excelente	
71 a 90	Buena	
51 a 70	Regular	
26 a 50	Mala	
0 a 25	muy mala	

En el anexo 5 se encuentra el procedimiento desarrollado para calcular el Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) y el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS). Los rangos de clasificación para estos índices se muestran en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 - Valores de los Índices de Contaminación de Materia Orgánica (ICOMO-ICOSUS).

Valor del índice	Clasificación de la contaminación	Color
0 – 0.25	Muy baja	
0.25 – 0.50	Baja	
0.50 – 0.9	Media	
0.9 – 1	Alta	
1	Muy alta	

En la tabla 3.8 se presentan los resultados hallados para los índices de calidad anteriormente mencionados en cada una de las estaciones muestreadas para la corriente del Río Negro de Narváez.

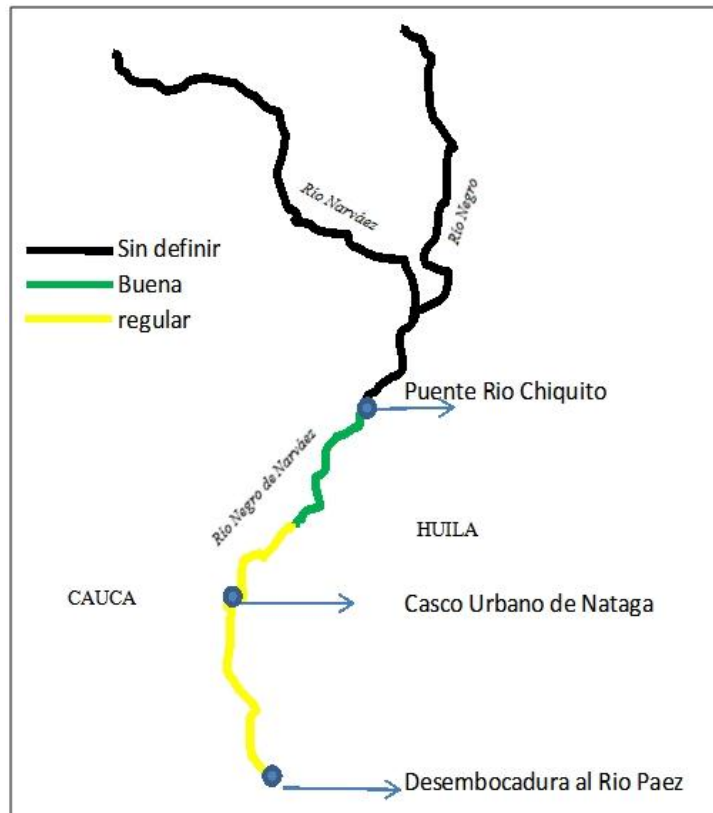
Tabla 3.8 - Valores de los índices ICA, ICOMO y ICOSUS, determinados en el Río Negro de Narváez.

Estación	ICA	ICOMO	ICOSUS
1	72.40	0.45	0,092
2	74.97	0.45	0,092
3	65.06	0,60	0,328
4	67.01	0,54	0,668

En la tabla 3.8 se puede observar, de acuerdo al comportamiento de cada índice un desmejoramiento de la calidad del agua en el río aguas abajo de la estación tres producto de las descargas de aguas residuales del casco urbano de Nátaga, después de este punto y hasta la estación cuatro cerca a la desembocadura del río Negro de Narváez al Río Páez, el efecto de dilución mejora las condiciones del agua dado el aumento de caudal en esta parte de la corriente, sin embargo, no es suficiente para alcanzar los índices de calidad del agua presentados en las dos primeras estaciones.

En la figura 3.32 se presenta la sectorización de la corriente del Río Negro de Narváez de acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación del índice de calidad de agua (ICA).

Figura 3.32 – Mapa de sectorización de la corriente principal del Río Negro de Narváz de acuerdo a la valoración de la calidad del agua.



Fuente: Grupo Consultor CAM, PORH Río Negro de Narváz.

3.3.10.3. MICROCUENCA DE LA QUEBRADA ITAIBE

La quebrada Itaibe es la tercera fuente hídrica que se encuentra en el lugar, surge de la confluencia de varias corrientes pequeñas de agua superficial que nacen a una altura cercana a los 1800 msnm en donde empieza a levantarse la Cordillera Central, hace un recorrido de oriente a occidente de 8 Km, para verter sus aguas al río Páez a unos 858 msnm, tiene un área de bosque protector de 0.08 Km² y en su recorrido pasa por el centro poblado de Itaibe y las veredas de Villanueva, El Hato, Ascencio y la esmeralda, actualmente el recurso se utiliza para consumo humano y agropecuario.

En la figura 3.33 se presenta una fotografía de la quebrada Itaibe en inmediaciones de la vereda La Esmeralda del resguardo Piçkwe Tha Fiw.

Figura 3.33 – Fotografía de la quebrada Itaibe, resguardo indígena Pickwe Tha Fiw.



3.3.11 SUELOS

Los suelos del municipio de Páez se clasifican como suelos de cordillera o montaña que constituyen la zona Andina del país, presentan un medio variado en condiciones ecológicas, en materiales geológicos y en formas de la tierra, que proporcionan el desarrollo de una gama enorme de suelos que van desde los ricos en materia orgánica hasta los suelos erosionados pobres en humus, desde los suelos arcillosos derivados de lutitas y otros materiales hasta los suelos arenosos formados sobre areniscas cuarcíticas.

En el área de interés, que es la parte nororiental del corregimiento de Itaibe, los suelos corresponden a la clasificación de Piedemonte Coluvio-aluvial; que son suelos formados a partir de los depósitos de origen fluvial, coluvial, fluvio-lacustre y fluvio-volcánico, desarrollados en climas medios y húmedos. Los suelos de la cordillera Central tienen fuerte influencia de ceniza volcánica. Por lo general son suelos bien drenados, más o menos profundos, de texturas medias a finas, fertilidad baja. Son apropiados para los cultivos permanentes y semipermanentes de uso intensivo⁷.

Los suelos de piedemonte coluvio-aluvial presentan el siguiente componente taxonómico: Dystrudepts, Hapludults, Hapludands, Hapludalfs, Hapludolls, Argiudolls, Udorthents y Endoaquepts.

Algunas de las características de los suelos del lugar pueden ser observadas en las figuras desde la 3.34 hasta la 3.52.

⁷ IGAC. Cauca. Características Geológicas.

Figura 3.34 – Fotografía de cortes del suelo con conglomerados. Fragmentos de bolos, bloques y cantos.



En la figura 3.34, puede observarse un suelo de origen volcánico con conglomerados de bolos, bloques y cantos. Estos conglomerados van desde tamaño tipo grava a finos.

Figura 3.35 – Fotografía de niveles de conglomerados dentro de areniscas en rocas sedimentarias.



En la figura 3.35 se observa la presencia de afloramientos rocosos en toda la peña y en el bosque contiguo a ella, dejando ver que la zona está constituida por rocas con una pequeña cobertura vegetal. En el lado izquierdo de la figura se pueden notar afloramientos de areniscas, y en el lado derecho se aprecian conglomerados dentro de areniscas en una formación sedimentaria.

Figura 3.36 – Fotografía de conglomerados gruesos con fragmentos tipo finos y cantos.



En la figura 3.36 tenemos conglomerados gruesos en la franja superior y conglomerados finos en las franjas inferiores, su forma es subredondeada y subangular en otros. Esta estratificación muestra las variaciones en la energía del río a lo largo de su historia. Donde los conglomerados son más gruesos demuestra un régimen turbulento y en las partes de los conglomerados finos o de menor tamaño, denota un régimen laminar.

Figura 3.37 – Fotografías de rocas sedimentarias o estratificadas tipo limolitas y chert.



En el lado derecho de la figura 3.37 se tienen arcillolitas y en el lado izquierdo rocas sedimentarias tipo limolitas y chert estas últimas son los afloramientos blanquecinos en la figura.

Figura 3.38 – Fotografías de aluvión y roca fracturada.



En la figura 3.38 es posible observar un suelo tipo aluvión con partes de roca fracturada.

Figura 3.39 – Fotografía de proceso de erosión, fracturamiento y desprendimiento de roca.



En la figura 3.39 se muestra un proceso de erosión debido a la gravedad y al clima, al erosionarse el talud vertical este termina cayéndose. En la segunda imagen (del lado derecho) hay fracturamiento de roca que no ha sufrido transporte, ya que la roca se encuentra insitu sin mucho redondeamiento. En la imagen inferior se observa un desprendimiento de roca, esto se identifica porque el árbol no presenta inclinación, por lo que no podría hablarse de movimiento en masa.

3.3.11.1 Uso Potencial del Suelo

Sobre la cuenca alta del río Magdalena los paisajes están dominados por relieve de montaña, con pendientes escarpadas donde los ríos y quebradas han labrado dentro de sus valles ciertas áreas planas y niveles de terrazas. Estas áreas de variada pendiente presentan suelos de fertilidad baja a moderada. Allí se desarrollan actividades agrícolas tradicionales, prevalecen los cultivos de café, maíz, caña panelera, plátano, yuca y frutales. El mayor uso de los suelos en esta parte de la cuenca está dedicado a la ganadería extensiva y al pastoreo semi-intensivo, en especial en áreas de alta pendiente, con suelos superficiales, de baja fertilidad. Algunas partes de la cuenca se encuentran cubiertas por rastrojos y bosques naturales.

En la figura 3.40 se muestran fotografías de los cultivos más usuales en la región.

Figura 3.40 – Fotografía de cultivos de caña panelera, yuca y plátano, existentes en el lugar.



El conflicto por uso del suelo en esta región, con relación a la capacidad productiva natural, tiene que ver en su mayor parte por subutilización en forma moderada y un poco severa sobre las márgenes del río Páez.

Los suelos del municipio de Páez se caracterizan por no ser de vocación agrícola y existen una gran cantidad de parcelas que se encuentran en zonas donde no hay una clasificación particular del uso del suelo.

En el informe de Uso Actual del Suelo y Cobertura Vegetal de la Secretaría de Agricultura del Cauca en mayo de 2001, se establece que dentro del uso potencial del suelo se distinguen las siguientes asociaciones o tipos de cultivos:

Cultivos Permanentes. Son cultivos perennes y están conformados por especies vegetales de período vegetativo mayor de dos años, permaneciendo en el suelo por períodos prolongados y produciendo varias cosechas al año. Entre estos cultivos se pueden identificar: achioté, ají, aguacate, café, cacao, caucho, cebolla de rama, cidra papa, cítricos, frutales, fique, guamo, guayabo, mandarino, mango, manzano, naranja, níspero, tomate de árbol entre otros.

Cultivos Transitorios. Para esta clase de cultivos se incluyen aquellos cuyo crecimiento vegetativo dura menos de un año y permanece en el suelo por un período menor, se tiene en cuenta: acelga, ajo, amapola, arracacha, arveja, cebolla de bulbo, cilantro, coles y tallos, coliflor, espárragos, flores, frijol, habas, habichuelas, hortalizas, lechuga, maíz, maní, papa, repollo, trigo, ullucos, yuca.

Se destacan en este mismo ítem los cultivos semiperennes que son aquellos que involucran plantas cuyo período vegetativo dura más de un año, pero menos de dos, desde su germinación hasta su cosecha. Sin embargo, pueden llegar a estar sobre en el suelo un período entre 2 y 5 años, se pueden identificar: Banano, caña de azúcar, caña panelera, curuba, fresa,

frutales, guineo, lulo, maracuyá, plátano y banano.

Pastos. La ganadería es otra explotación económicamente rentable para el país pero que ante el contexto territorial requiere de un manejo integral y sostenible.

El pastoreo semi-nómada es mediante el cual el ganado se mueve permanentemente hacia áreas de pastoreo muy distantes, debido a condiciones extremas de clima, en busca de agua y /o alimento.

El pastoreo extensivo, en el cual el ganado por unidad de área es muy bajo y el animal permanece en el potrero, hasta que agota la pastura, no se realiza rotación de potreros y lo que comúnmente se hace es un traslado de lugar.

El pastoreo semi-intensivo e intensivo que involucra prácticas de manejo que permiten mayor productividad económica y rendimiento que el sistema extensivo, los animales permanecen menor tiempo en el potrero y aumenta el número de cabezas por unidad de área, no hace parte del manejo en el municipio, los manejos más comunes son los dos anteriormente citados.

Desde el punto de vista ecológico, el pastoreo produce degradación del suelo, debido al pisoteo y a la destrucción de la flora.

Rastrojos. La vocación forestal del municipio no es limitante para que sobre el territorio se implementen manejos integrales del suelo. En estas actividades se tiene en cuenta el aprovechamiento forestal y la utilidad total o parcialmente a los productos del bosque.

Actualmente el municipio sigue siendo intervenido en sus áreas forestales y no de manera técnica que asegure recursos para el futuro. Ante esta situación se evidencia sobre el territorio una pugna por conservar y aprovechar los ecosistemas.

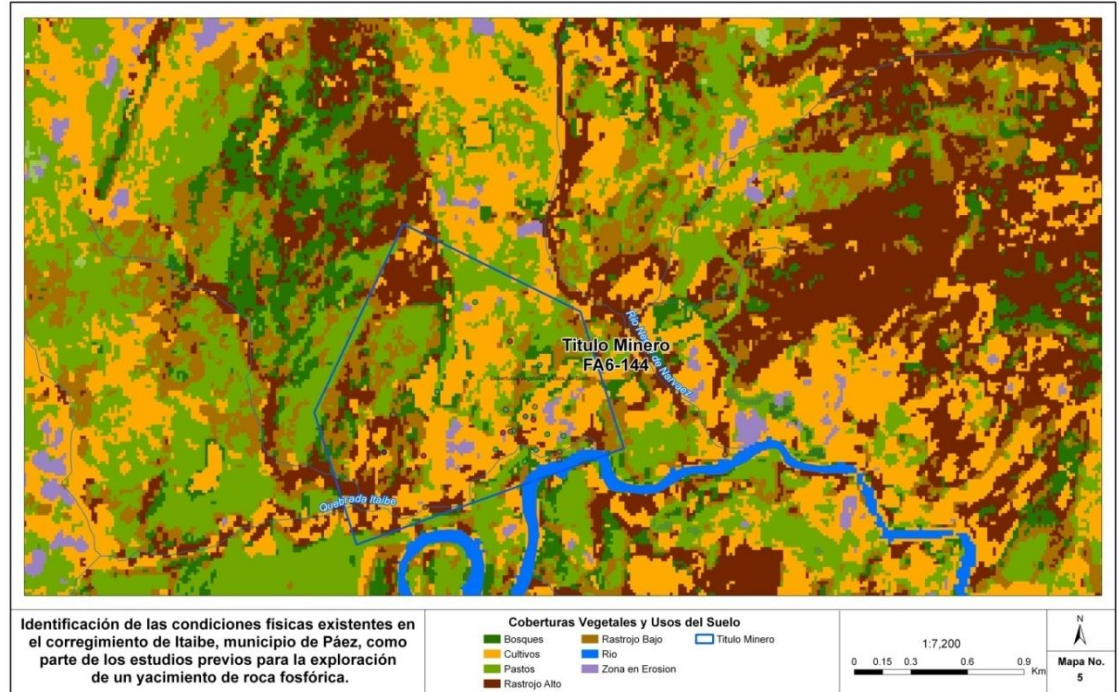
Las actividades se centran en satisfacer demandas de algunas especies del bosque que necesariamente no son para el consumo interno, ni obedecen actividades selectivas de cosecha. La presión sobre los recursos es grande, y de esta manera la presión – ampliación de la frontera agropecuaria - se hace sentir hasta en la zona de protección del Parque Nevado del Huila, para lo cual se debe ejercer un eficiente control.

En esta zona de rastrojo – áreas en sucesión de bosque – se tienen en cuenta actividades que pueden parecerse a un manejo agrosilvicultural debido a las combinaciones entre árboles, frutales y cultivos. El manejo de estas zonas debe estar encaminado a la protección del suelo, aprovechando las ventajas de implementar unos sistemas de agroforestería que permita la seguridad alimentaria y la sostenibilidad y conservación de los recursos naturales.

También se tienen en cuenta actividades parecidas a un sistema agrosilvopastoril por combinar actividades agrícolas, ganaderas y forestales, obviamente que el manejo dista mucho de ser técnico. Igualmente hay actividades que se asemejan a las silvopastoriles, pero están lejos de

su concepción, lógica y tecnología.

Figura 3.41 – Mapa de coberturas vegetales y usos del suelo.



En el mapa de la figura 3.41 es posible observar el uso actual del suelo en el corregimiento de Itaibe, en donde puede describirse haciendo mención de grupos grandes de coberturas:

Bosque: Existen pequeñas áreas donde el bosque natural no ha sido intervenido y otras de revegetalización natural o rastrojo.

Tala de bosque: Se presentan deforestaciones ubicadas en forma puntual.

Cultivos: En el área se encuentran cultivos misceláneos como café, maíz, caña, frijol, guineo, plátano y plátano cachaco.

Pasto: Zonas dedicadas solamente para ganadería extensiva sin manejo.

Zonas de Quema: Áreas utilizadas para cultivos, pero con la práctica de la quema para adecuar el terreno.

Rastrojo – Quema: Adecuación de terrenos con rastrojo para la agricultura por medio del método de quema.

Rastrojo: Procesos de deforestación con tendencia a pastoreo.

3.3.12 ZONAS DE VIDA

Es una forma de describir áreas con similares comunidades de plantas y animales. Aquí se describe la clasificación que se encuentra en el documento del PBOT del municipio de Páez.

3.3.12.1 Zonas de vida según Cuatrecasas.

Debido a que el corregimiento de Itaibe se aproxima a una altura entre los 900 y 1200 msnm y una temperatura promedio de 24°C de acuerdo con la clasificación para las formaciones vegetales para el municipio de Páez, encaja dentro del tipo de zona de vida Selva Neotropical Inferior. Con un área de 83,5 Km², divide sus zonas ecológicas de vida según cuatrecasas en: 36,99 Km² en selva subandina representando el 44.30% del territorio y 46,51 Km² en Selva Baja Neotropical, representando el 55.70% del corregimiento.

El área de interés se encuentra localizada dentro del 55.7% correspondiente a Selva Baja Neotropical.

➤ Selva Neotropical Inferior

La biotemperatura oscila entre 18 y 24°C, la precipitación promedio anual está entre 1.000 y 2.000 mm, se localiza entre 900 y 1.200 metros de altura sobre el nivel del mar.

Entre las especies más características de esta formación vegetal se destacan: caucho (*Picus* sp), cafetillo (*Lacistema aggregatum*), carbonero (*Calliandra pittieri*), manzanillo (*Toxicodendron striatum*), guayacan (*Tubebuia chrysantha* y *T. rosea*), jigua amarillo (*Nectandra* sp), jigua negro (*Cinnamomum cinnamomifolium*), floramarillo (*Tecota stans*), mano de oso (*Schefflera morototoni*), yarumo (*Cecropia caucana*), roble (*Quercus humboldtii*), arrayán (*Myrcia papayanensis*). También quedan algunas pequeñas manchas aisladas con especies de la vegetación original como Igua, Samán, Ceiba, Guadua y Guácimo entre otros.

En el anexo 4 se presenta el mapa de la zonificación para las zonas de vida en el municipio de Páez.

3.4. DIMENSIÓN BIÓTICA

Se habla de la flora y fauna del lugar en una forma muy general, mencionando las principales especies vegetales y de fauna existentes en la zona.

3.4.1 FLORA

En el corregimiento de Itaibe, zona sur baja del municipio de Páez, existen pequeñas áreas de bosque intervenido. Se localiza un pequeño bosque en la parte noroccidente de la vereda Alto del Carmen; sur occidente, occidente, sur oriente y nororiental de Ascencio; occidente de San Félix; noroccidente y suroccidente de Itaibe (centro poblado); noroccidente, sur occidente y sur de Bello Horizonte y centro, sur occidente y oriente de la Villa Itaibe.

La zona presenta un avanzado estado de deforestación, con grandes regiones de potreros originados por constantes talas y quemadas de los bosques y rastrojos. Sobre las cabeceras de nacimientos de quebradas se manifiesta gran presión por deforestación, este es el caso de la zona noroccidente, sur y oriente de Villa Itaibe; centro y occidente de El Hato; oriente de Bello Horizonte; occidente, centro y sur de Itaibe (centro poblado). Las áreas de potrero alcanzan aproximadamente el 80 % de la zona.

La presencia de deslizamientos se hacen evidentes al oriente de la vereda Alto del Carmen; centro oriente de Ascencio; norte y oriente de San Félix; sur de La Esmeralda; noroccidente de Bello Horizonte, y centro occidente de Itaibe. Existen zonas de erosión al oriente de la vereda Bello Horizonte, al sur (sobre la Zanja la Colorada), al occidente (sobre la quebrada El Saladito) y al norte de Itaibe.

Hay erosiones al centro sur de la vereda El Hato; norte, centro oriente y occidente de Villa Itaibe; sur y nororiental de Ascencio y norte de San Félix.

El gran problema de la zona es la falta de bosques protectores de las microcuencas, destruidos por prácticas de tala y quema que tiene como consecuencia la reducción del caudal de las aguas. Las zonas de cultivos de manera general, están ubicadas en la parte norte, centro, noroccidente y nororiental del corregimiento.

Fraccionando el corregimiento en tres partes iguales de Norte a Sur, dos de ellas se encuentran en sub-uso, el tercio restante –todo del flanco occidental que sirve de límite con Ricaurte - se encuentra en sobre uso muy alto.

3.4.2 FAUNA

Los animales constituyen generalmente, el último eslabón de la cadena trófica y dependen de las posibilidades que les ofrece el hábitat y la oferta del alimento representada en plantas y materia orgánica. La fauna del municipio de Páez, de acuerdo con el PBOT, es la siguiente.

- Mamíferos.

Páramo. Danta, venado conejo, oso de anteojos y puerco espín.

Zona fría. Venado, ardilla, armadillo, cusumbo, conejo, guagua, lobo, mico maicero, perezoso, puma, tigrillo, puerco espín, venado conejo, danta y oso de anteojos.

Zona templada. Puerco espín, tigrillo, puma, perezoso, mico maicero, guagua, conejo, cusumbo, armadillo, ardilla y venado.

Zona Cálida. Guagua, conejo, cusumbo, ardilla y venado.

- Aves

Páramo. Cóndor y águila real.

Zona fría. Cóndor, águila real, perico, toropisco, colibrí, pava, torcaza, perdiz, chiguaco, carpintero, gavián, garrapatero, bichojué.

Zona Templada. Águila real, perico, azulejo, toropisco, colibrí, pava, torcaza, perdiz, chiguaco, carpintero, gavián, garrapatero, bichojué.

Zona cálida. Perico, azulejo, colibrí, torcaza, perdiz, chiguaco, carpintero, gavián, garrapatero, bichojué y toche.

- Ofidios.

Zona templada. Falsa coral, coral, equis, cuatro narices.

Zona Cálida. Rabo de ají, falsa coral, coral, equis y cuatro narices.

- Peces.

Páramo. Trucha arco iris.

Zona fría. Trucha arco iris.

Zona templada. Pez negro y sardina.

Zona Cálida. Pez negro y sardina.

La fauna del municipio anteriormente enunciada, se encuentra en proceso de extinción, igual que algunas especies florísticas. Los períodos de desarrollo y forma de reproducción en algunas de las especies florísticas y de fauna requieren que los ecosistemas se encuentren en equilibrio.

En las tablas 18 y 19 del anexo 5 se presentan las principales especies de flora y fauna para el municipio de Páez.

También encontramos animales domésticos que están al cuidado de las personas que habitan el lugar.

Figura 3.42 – Fotografía de animales domésticos de las fincas cercanas al área del proyecto.



Figura 3.43 – Fotografía de lepidópteros que se acoplan a la vegetación que acompaña a los cultivos cercanos al río Negro de Narváez.



Es importante resaltar que las mariposas favorecen la polinización de las flores ayudando a mantener el equilibrio ecológico, además de ser indicadores de la diversidad y salubridad de los ecosistemas.

Figura 3.44 – Fotografía de ganado presente en toda el área del proyecto.

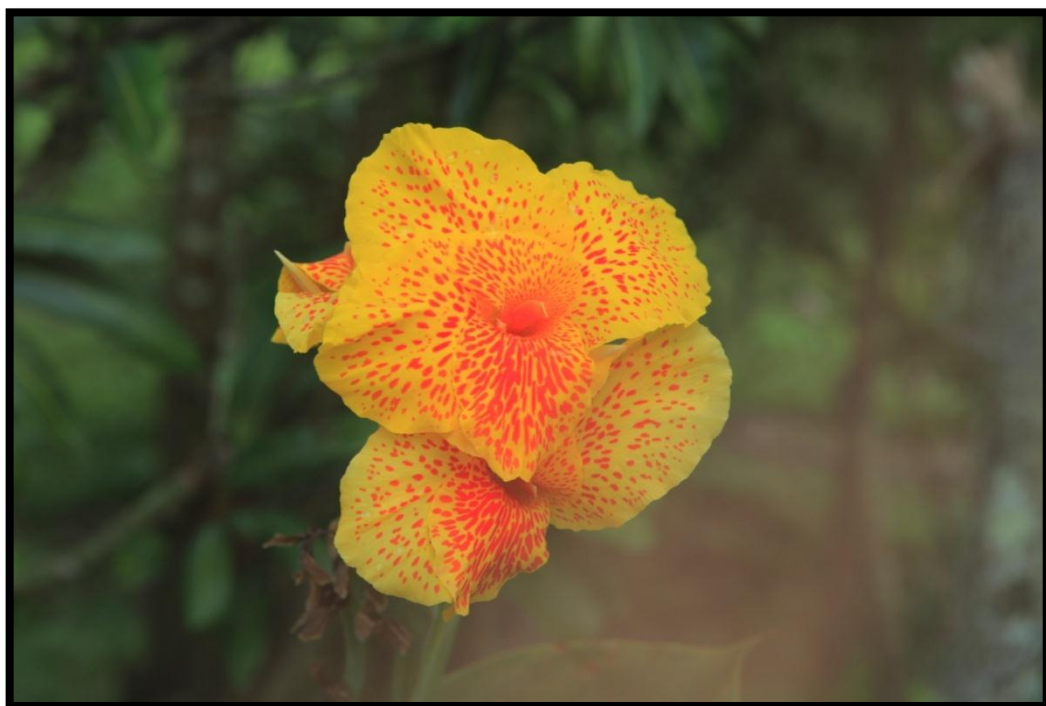


REFERENCIAS

- [1] G. Marquínez C., C. J. Morales A., J. C. Caicedo A. Mapa Geológico de Colombia Plancha 344 Tesalia Memoria Explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear Ingeominas. 2002.
- [2] Estudio de Impacto Ambiental Municipio de Belalcazar – Licencia de Exploración No. 19730. Presentado a la Corporación Autónoma Regional del Cauca - C.R.C – Popayán. 2008.
- [3] P. Patarroyo. Las Formaciones Cretácicas Hondita y Loma Gorda, a Propósito de la Nomenclatura Estratigráfica del Valle Superior del Magdalena. VI Congreso Colombiano de Geología. Tomo III. Medellín 1993.
- [4] E. Hubach. Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia. Tomo XVII. Ministerio de Minas y Energía. Ingeominas. Bogotá. 1957.
- [5] F. A. Velandia P. Memoria Explicativa Mapa Geológico del Departamento del Huila. 2001
- [6] Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Páez-Cauca – Cenco. Alcaldía del Municipio de Páez. 2002.
- [7] D. Waidler, M. White, E. Steglich, S. Wang, J. Williams, C. A. Jones, R. Srinivasan. Conservation Practice Modeling Guide for SWAT and APEX. 2009.
- [8] Arnold, JG; JR Williams; AD Nicks & NB Sammons. A basin scale simulation model for soil and water resources management. Texas A & M Univ. Press, College Station, TX. 1990.
- [9] Fase de Diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Pomch) del Río Páez, Sector Huila Contrato 104 de 2008 - CAM - Corporación ANP. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, Corporación Áreas Naturales Protegidas – ANP. La Plata, Huila. 2009. N. G. Méndez Suárez, N. F. Gómez Contreras, P. Iglesias Sánchez. Cauca Características Geográficas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Bogotá 2006.
- [10] Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de las Subcuencas de los Ríos Negro de Narváz y Bedón / Aguacatal – La Plata. Diagnóstico. Corporación Autónoma Regional del Cauca - C.R.C – Popayán. 2008. N. G. Méndez Suárez, N. F. Gómez Contreras, P. Iglesias Sánchez. Cauca Características Geográficas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Bogotá 2006.
- [11] N. G. Méndez Suárez, N. F. Gómez Contreras, P. Iglesias Sánchez. Cauca Características Geográficas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Bogotá 2006.

*Nasa fxi'zenxi mawēn yuhpa
pçuwa'saa meeā'.*

*La vida del pueblo nasa es pervivir y convivir en el
espacio y el tiempo con dignidad.*



[CAPÍTULO 4]

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se desarrolla una descripción fisiográfica y caracterización de las propiedades físicas del suelo, tales como; textura, estructura, estabilidad de agregados, densidad aparente, color y PH. Se desarrolla también un perfil de la calidad del agua sobre las tres corrientes de agua superficial que se encuentran en la zona. Con lo anterior se estructura una matriz de afectaciones teniendo en cuenta la clasificación desarrollada por el grupo GEMMA de la Universidad Nacional sede Medellín, en ella se identifican afectaciones al medio ambiente existentes sobre parámetros físicos como agua superficial, suelos, aire, formaciones rocosas, cobertura vegetal y paisaje, con el propósito de hacer un seguimiento a los parámetros mencionados desde antes de la intervención minera. Este desarrollo se realiza como complemento a la información expuesta en el capítulo 3.

También se hacen propuestas para la medición de algunos de los parámetros antes descritos utilizando desarrollos realizados en otros trabajos de conclusión de pregrado en ingeniería física principalmente, con la intención de facilitar el estudio de fenómenos físicos involucrados en la región.

4.1 DESCRIPCIÓN FISIGRÁFICA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS.

El marco fisiográfico general del área del proyecto está situado en el flanco oriental de la cordillera Central y área aluvial del río Páez. La unidad fisiográfica presente en el lugar corresponde al paisaje de piedemonte, estos se inician en las estribaciones de la cordillera central, formados por los sedimentos de las corrientes que bajan de la misma. Estas unidades se constituyen en su mayor parte por materiales gruesos como arenas, cantos y gravillas.

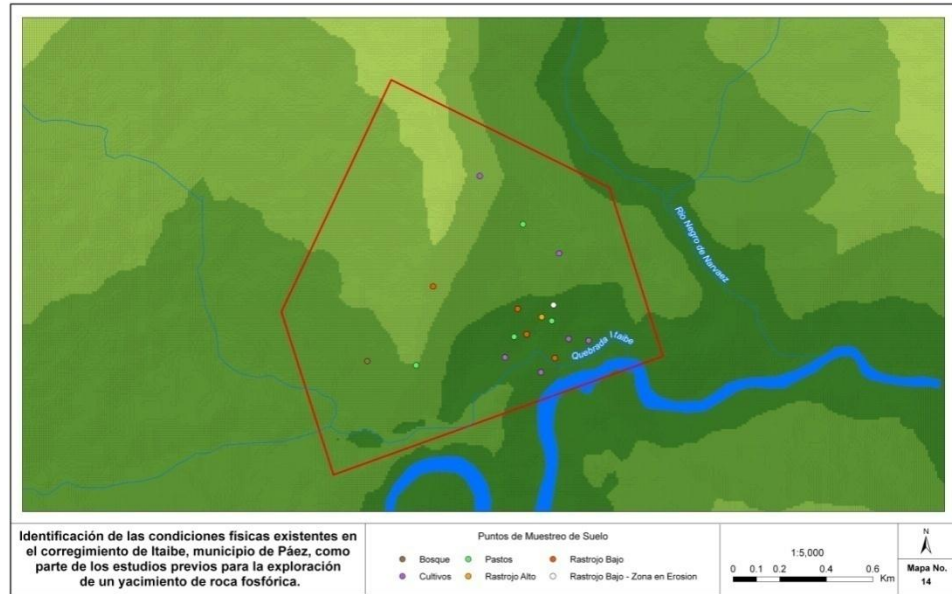
En la planicie aluvial del río Páez, se caracterizan como unidades de paisaje las pequeñas terrazas aluviales con predominio de relieve plano con pendientes de 0 a 3%, aunque se encuentran pequeñas superficies onduladas con alternancia de cóncavas a convexas. La descripción de los suelos presentes en estos paisajes de piedemonte y planicie aluvial que se encuentran dentro del área del proyecto, se desarrolla a continuación:

4.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.

Se tomaron 17 muestras en las 1,71 Km² que corresponden al área del proyecto, dichas muestras se agruparon de acuerdo con las coberturas presentes en el lugar, de la siguiente manera: se asociaron 6 muestras para la cobertura de cultivos, estos cultivos van desde permanentes a semipermanentes y se trata de plantaciones de caña panelera, cultivos mixtos de maíz, frijol y plátano, plantaciones de café y plátano, algunos de estos cultivos llevan 10 años, la mayor parte está entre 1 y 3 años y otros tienen 3 meses. Cuatro muestras se catalogaron como pastos cuyas edades van desde los 5 meses hasta los 15 años aproximadamente. Se caracterizaron 4 muestras en la cobertura de vegetación natural arbustiva cuyas edades superan los 15 años, tiempo que lleva la comunidad de Pickwe Tha Fiw en el lugar. Solo una muestra corresponde a la cobertura bosques, otra para un área de vegetación natural arbustiva en erosión y una para una zona de transición.

Los puntos de muestreo se indican en el mapa de la figura 4.1.

Figura 4.1 – Mapa de ubicación de los puntos de muestreo para suelos.



Se cavaron cajuelitas de 50x40 cms con ayuda de las personas de la comunidad de la vereda La Esmeralda del resguardo Pickwe Tha Fiw (ver figura 4.2).

Figura 4.2 – Fotografía de cajuelitas de 50x40 cm abiertas para la toma de muestras de suelo.



Las muestras fueron tomadas de todo el perfil como se muestra en la figura 4.3.

Figura 4.3 – Fotografía de perfil para la toma de muestras.



En el área pueden definirse seis tipos de coberturas, éstas son: bosque que representa el 25% de la superficie del proyecto aproximadamente, rastrojo medio y alto, pastos, cultivos y un área con rastrojo en proceso de erosión. Se tomaron muestras en zonas representativas en cada una de ellas.

Figura 4.4 – Fotografía de puntos determinados para la toma de muestras.



En la mayor parte del terreno la profundidad de la capa arable tiene entre 30 y 40 centímetros. Sin embargo se presentan lugares con cobertura de pastos en donde dicha profundidad es menor.

En el anexo 5 (figuras 13, 14, 15 y 16) pueden observarse algunas fotografías que describen las características de los suelos bajo algunas de las coberturas.

Figura 4.5 – Fotografía de punto de muestreo.



La figura 4.5 muestra en gran medida la parte oriental del área del proyecto. Se observa la zona más afectada en cuanto a erosión, ésta parte se encuentra cubierta con rastrojo bajo. El área está cubierta por pequeñas plantas de raíces no muy profundas, pues el terreno tiene un alto contenido de arcilla que lo hace gredoso, con baja plasticidad y bajo drenaje, que se satura en invierno y en verano se fractura produciendo el rompimiento de raíces. Allí fue tomada una de las muestras cuyo perfil puede observarse en la fotografía 15 del anexo 5.

En el área que muestra la figura 4.6, hay bastante presencia de roca, el suelo es bien drenado y con la suficiente profundidad para permitir que plantas como las que allí se observan y de raíces más profundas tengan un buen desarrollo.

Figura 4.6 – Fotografía de muestreo en cultivo de maíz sobre ladera.



Figura 4.7 – Fotografía de asociaciones de cultivos o cultivos mixtos.



Figura 4.8 – Fotografía de toma de muestras en cultivos mixtos sobre la riberia izquierda de la quebrada Itaibe.



El suelo del área que muestra la figura 4.8 es de origen aluvial. El perfil se muestra en la parte superior derecha de la fotografía.

Figura 4.9 – Muestra tomada en rastrojo.



La figura 4.10 muestra a parte del grupo que colaboró en la elaboración de las cajuelitas para la toma de muestras de suelo.

Figura 4.10 – Fotografía del grupo colaborador



4.1.1.1 TEXTURA

Indica la proporción o cantidad en porcentaje en que se encuentran la arcilla, el limo y la arena en el suelo. Es la propiedad más estable del suelo, por lo cual se le considera constante por un gran lapso de tiempo. Esta propiedad se usa comúnmente como criterio para determinar la permeabilidad del suelo, la capacidad de retención de humedad, la plasticidad, la aireación, la densidad, la capacidad de cambio, la profundidad radicular, las condiciones de labranza y en general la fertilidad del suelo.

Los resultados de los análisis realizados a las muestras tomadas en el área de interés se muestran en la tabla 4.1.

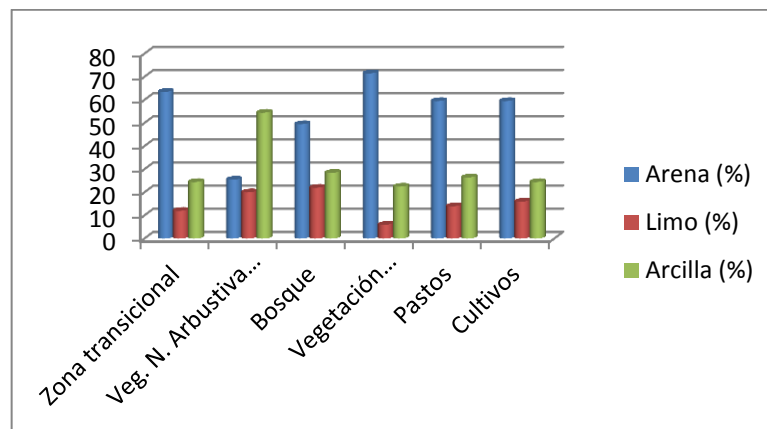
Tabla 4.1 - Resultados de los análisis sobre textura realizados a las muestras de suelos.

Muestra (#)	Numero Lab.	Cobertura	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
P6	0012	Zona transicional	30-40	63,52	12	24,48	FArA
P10	0013	Veg. Natural Arbustiva en erosión	30-40	25,52	20	54,48	Ar
P17	0014	Bosque	30-40	49,52	22	28,48	FArA
Vegetación	0015	Vegetación Natural arbustiva	30-40	71,52	6	22,48	FArA
Pasto	0016	Pastos	30-40	59,52	14	26,48	FArA
Cultivo	0017	Cultivos	30-40	59,52	16	24,48	FArA

Los suelos se presentan en grupos texturales moderadamente finos a moderadamente gruesos, pedregosos y la combinación de estos. El grupo textural franco arcillo arenoso ocupa la mayor extensión del área de estudio.

En el siguiente gráfico se muestran los porcentajes de arenas, limos y arcillas para cada una de las coberturas ubicadas en el terreno.

Figura 4.11 – Grafico de porcentajes de arenas, limos y arcillas en cada una de las coberturas identificadas.



Muchos investigadores han llegado a la conclusión de que la textura mejor balanceada corresponde a la de los suelos francos con arcilla entre 10 y 25%, limo entre 28 y 50% y arena entre 30 y 55%. [1]

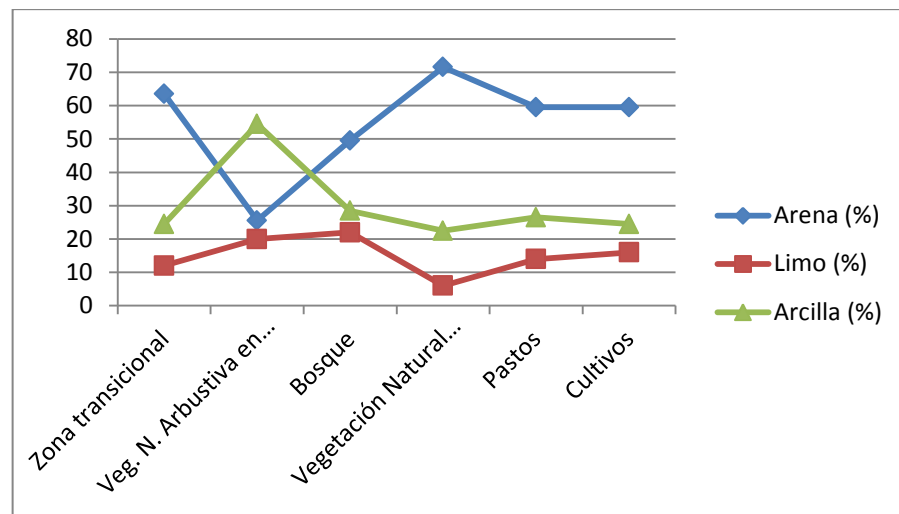
El suelo en estudio no tiene una textura adecuadamente balanceada como se señala en el párrafo anterior, bajo ninguna de las coberturas. La más cercana a reunir las condiciones ideales es el área que está cubierta con bosque, pues tiene el valor más alto de limos cercano

al valor mínimo aconsejado, un nivel adecuado de arena pero se excede un poco en arcilla, los demás tienen valores de arena demasiado elevados y niveles muy bajos de limo, también se tiene una región con excesivo contenido de arcilla.

Los resultados de textura obtenidos para las diferentes coberturas, contrastan con lo expuesto en las fotografías en cuanto a profundidad, composición del suelo y coberturas.

Esto puede observarse con mejor detalle en la figura 4.12:

Figura 4.12 – Grafico de variación de arenas, arcillas y limos en cada una de las coberturas.



Los resultados obtenidos para la textura muestran como esta propiedad es afectada por las diferentes actividades agrícolas. Así, para las áreas intervenidas por alguna actividad de labranza se ha reducido los niveles de limo en el suelo y los valores de arena son elevados, los cuales hacen que dicho suelo no sea apto para los cultivos, ya que el contenido de arena lo hace tener drenaje en exceso y la poca retención de agua no es adecuada para los cultivos, además el poco contenido de limo denota la ausencia de materia orgánica componente importante para una buena cementación, conformación y permanencia de estructura del suelo. Para el área en estudio, es claro que el horizonte sobre el cual se está realizando la mecanización es el A, porque en casi la totalidad del área no hay presencia de materia orgánica, esto se debe al uso de la ganadería extensiva, la renovación de cultivos con quema previa quemando la capa orgánica y los microorganismos presentes en ella, acelerando con ello el proceso de desertización.

4.1.1.2 ESTRUCTURA

Es el grado de agregación que presentan las partículas del suelo: arena, arcilla y limo, para originar diferentes formas (gránulos, bloques, prismas, láminas). La materia orgánica como

agente cementante juega un papel importante en esta característica. La estructura influye en la absorción del agua, en la circulación del aire y en la susceptibilidad a la erosión. Es evaluada en términos de otras propiedades como la porosidad, la distribución por tamaño de los agregados y la permeabilidad. La estructura es muy susceptible a degradarse por el mal manejo en el uso del suelo.

En esta propiedad influye la textura, ya que los altos contenidos de arena y limo no permiten la formación de una ordenación estructural; esta se hace mediante, partículas aglutinantes como las que se encuentran en la arcilla; es decir, una estructura bien desarrollada indica generalmente la presencia de arcilla.

En la zona de estudio los suelos de las vegas, en el primer horizonte, tienen estructura poco desarrollada o no la hay, debido al bajo aporte de materia orgánica y a los contenidos importantes de arenas; en profundidad carecen de estructura.

En las colinas por su mayor grado de evolución en los primeros horizontes se esperarían estructuras moderadamente desarrolladas, en bloques subangulares medios, por el predominio de texturas arcillosas entre los agregados. Sin embargo, en algunos de estos suelos no se presenta estructura (masiva), por el intenso manejo de los suelos. Este deterioro de la estructura afecta la absorción del agua, limita las actividades de preparación del suelo y favorece la susceptibilidad a la erosión. [2]

En los suelos del piedemonte y sobre todo en las áreas dedicadas al pastoreo, los primeros horizontes han perdido la estructura (es suelta o masiva), por el pisoteo del ganado que genera la sobrecarga de los potreros.

4.1.1.3 ESTABILIDAD DE AGREGADOS

Se entiende por agregado de suelo a un grupo o conjunto de partículas donde las fuerzas de unión entre sí superan a las existentes entre éste y otros grupos adyacentes y por estructura, al arreglo u ordenamiento espacial de los agregados y poros en el suelo. [3]

Entre los múltiples factores que afectan la Estabilidad Estructural de los suelos tenemos en primer lugar la Distribución de Partículas por Tamaño, la cual constituye una de las características más importantes por cuanto afecta innumerables propiedades de los suelos, entre ellas: la superficie específica, la consistencia, la estructura, la porosidad, la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica, etc.

La distribución de partículas por tamaño, se refiere a las proporciones relativas de arenas, limos y arcillas y, también, a las partículas o fragmentos superiores a 2 mm, hasta llegar a los tamaños de gravillas y gravas o fragmentos de mayor tamaño.

Esta distribución afecta la estabilidad estructural notablemente, por cuanto condiciona la "agregabilidad", facilidad o tendencia de las partículas a dejarse unir entre sí⁸.

Los resultados de los análisis realizados a las muestras de suelos tomadas en el área de estudio se presentan en la tabla 4.2.

Tabla No. 4.2 – Resultados de los análisis sobre estabilidad de agregados.

Muestra (#)	Numero Lab.	Cobertura	Prof. (cm)	Tamiz (# 10) (2 mm) (%)	Tamiz (# 20) (0.84 mm) (%)	Tamiz (# 35) (0.5 mm) (%)	Tamiz (# 60) (0.25 mm) (%)	Tamiz (#<60) (<.25 mm) (%)
P6	0012	Zona transicional	30-40	37.68	17.08	18.76	7.16	19.32
P10	0013	Veg. Natural Arbustiva en erosión	30-40	20.56	10.76	13.44	9.72	45.52
P17	0014	Bosque	30-40	44.56	16.04	11.28	4.80	23.32
Vegetación	0015	Vegetación Natural arbustiva	30-40	52.48	20.20	12.52	5.20	9.60
Pasto	0016	Pastos	30-40	18.72	20.96	27.48	12.52	5.08
Cultivo	0017	Cultivos	30-40	36.56	23.68	15.40	6.28	18.08

De acuerdo con lo expuesto en la tabla 4.2, es posible observar que el tamaño de los agregados varía para cada cobertura, así, en la zona transicional tenemos agregados de 2 mm en mayor porcentaje, igual para bosque, vegetación natural arbustiva y en menor medida pero con la misma tendencia, en el área de cultivos. En otros casos, como es el de la zona cubierta por vegetación natural arbustiva en erosión los niveles de microagregados de tamaño menor a 0,250 mm son más altos, los demás valores son bajos, para la cobertura de pastos también se tiene que las partículas 0,5 mm son las más abundantes.

Cuando se tienen valores elevados de porcentajes de agregados estables al agua con diámetros mayores a 1 mm, se consideran como favorables para cualquier tipo de suelos. La susceptibilidad de los suelos a la erosión será menor cuanto mayor sea el porcentaje de agregados estables al agua de diámetros mayores de 2 mm [2]. Esta afirmación confirma que el suelo es fuertemente afectado por las labores de su uso, en la medida que la disminución de la materia orgánica por labranza produce el decrecimiento rápido de la estabilidad de agregados, incrementando la susceptibilidad al sellado, siendo suficiente un evento de lluvia para el inicio de la formación del mismo.

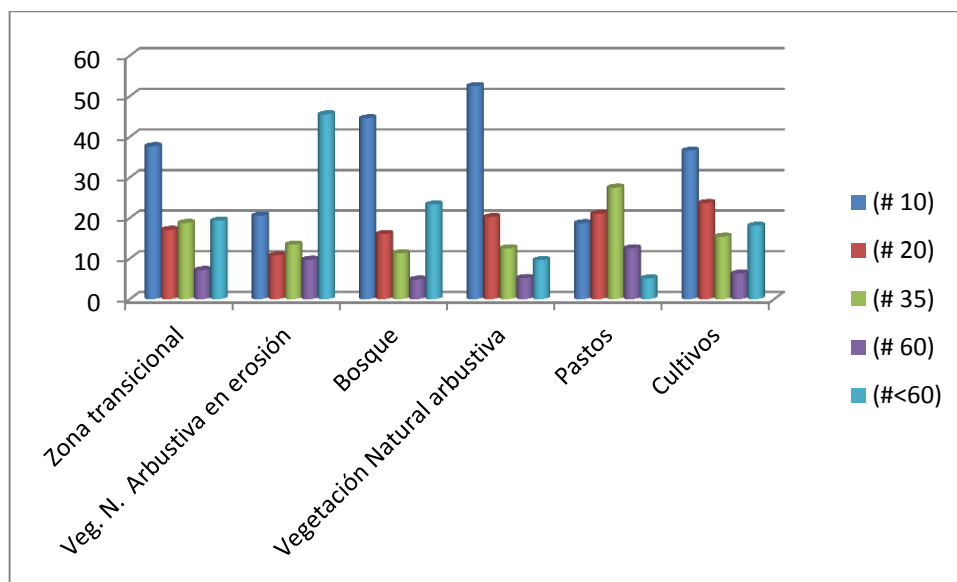
Las unidades más pequeñas se dispersan porque absorben más la energía de las gotas de

⁸ Tomado del documento: "La Estabilidad Estructural del Suelo" por Felipe Calderón Sáenz de Dr. Calderón Laboratorios Ltda.

lluvia y los más gruesos son más coherentes y ofrecen mayor resistencia a la separabilidad por agentes dispersantes como el agua (Bryam, 1968; Bruce-Okine y Lal, 1975; Castillo et Al, 1995). La anterior afirmación fue confirmada experimentalmente en el estudio titulado: “Estimación de la estabilidad estructural de dos suelos al sur de Colombia con diferentes tipos de manejo”, realizado por Jesús A. Castillo F. y Jorge F. Navia E. de la Universidad de Nariño y Juan C. Menjivar F. de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Lo mencionado anteriormente puede ser observado con detalle en el gráfico de la figura 4.13.

Figura 4.13 – Grafico de variación de la distribución de partículas por tamaño para las diferentes coberturas.



En cuanto a su consistencia, en general, debido al laboreo y pisoteo de ganado, algunos suelos presentan un grado de compactación. Dicha compactación limita la penetración de las raíces de las plantas disminuyendo significativamente la permeabilidad.

4.1.1.4 DENSIDAD DEL SUELO

Es la resultante de la relación masa a volumen. En el suelo, esta propiedad se determina bajo las formas de densidad aparente y densidad real, estas difieren en que se incluya o no el volumen ocupado por el espacio poroso respectivamente.

La densidad aparente es importante para calcular la lámina de riego, la porosidad y estimar el grado de compactación del suelo. De esta manera, cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total.

La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate. Por ejemplo, para suelos arenosos una densidad aparente de 1,759 g/cm³ limita el crecimiento de las raíces de girasol, mientras que en suelos arcillosos, ese valor crítico es de 1,460 a 1,630 g/cm³, para la misma especie. [5]

Se debe tener en cuenta, que los valores que puede tomar la densidad aparente depende de muchos factores, que van desde la textura, contenido de materia orgánica, hasta el manejo que se le da al suelo. En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable. Esta es afectada por la estructura del suelo, que es, su flojedad o grado de compactación, así como también por sus características de contracción y expansión. Esto último depende tanto de su contenido de arcilla como de la humedad del suelo. El espacio poroso puede ser altamente reducido por compactación, pero nunca se puede llegar a eliminar totalmente.

La tabla 4.3 muestra los valores obtenidos para la densidad aparente en el área de estudio:

Tabla No. 4.3 – Valores obtenidos para la densidad aparente.

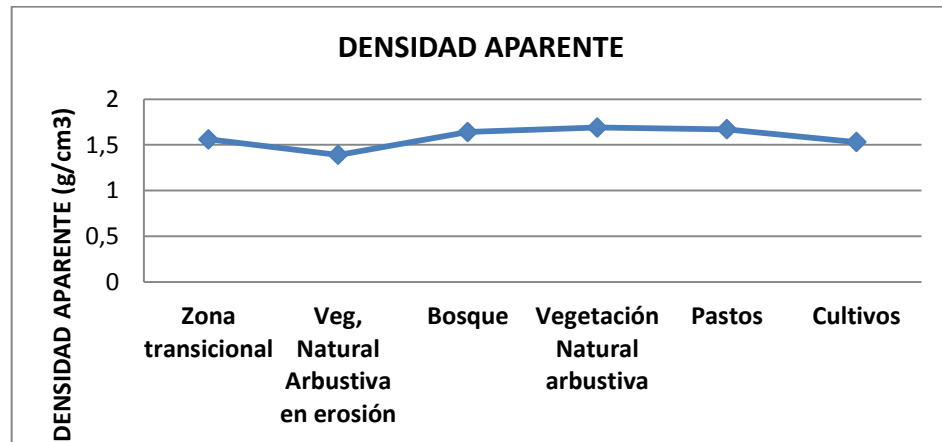
MUESTRA (#)	NUMERO LAB.	COBERTURA	PROF. (cm)	D. APARENTE (g/cm ³)
P6	0012	Zona transicional	30-40	1.56
P10	0013	Veg. Natural Arbustiva en erosión	30-40	1.39
P17	0014	Bosque	30-40	1.64
Vegetación	0015	Vegetación Natural arbustiva	30-40	1.69
Pasto	0016	Pastos	30-40	1.67
Cultivo	0017	Cultivos	30-40	1.53

El área con menor densidad es la zona en erosión con 1.39 g/cm³ y el valor más alto es el de la zona cubierta con vegetación natural arbustiva con un valor de 1.69 g/cm³.

Estos valores indican que para los cultivos tradicionales en esta región (caña panelera, maíz, café y frijol), la densidad aparente no es tan apropiada. Por ejemplo, si consideramos las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña, uno de los más sembrados en el área, los valores requeridos para la densidad aparente son 1.1 a 1.2 g/cm³ (1.3 - 1.4 g/cm³ en suelos arenosos), cantidades que están por debajo de las obtenidas en el área.

Los valores de la densidad aparente para las diferentes coberturas en el área se pueden ver gráficamente en la figura 4.14.

Figura 4.14 – Grafico de valores de densidad aparente para las diferentes coberturas.



De acuerdo con el documento “Guía para la Descripción de Suelos” de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO, en donde se afirma que valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de 1,3 g/cm³) indican habitualmente una condición porosa del suelo, del mismo modo, valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de las raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua.

Según la clasificación para la densidad aparente dada en el documento de la FAO, se obtiene para la mayor parte de las coberturas una clasificación tipo suelo firme de acuerdo con los valores de densidad aparente que presentan, y solo la cobertura de cultivo, por su bajo porcentaje de arcilla y un menor valor de densidad aparente es clasificada como intermedia. Esta forma de clasificación se muestra en la figura 17 del anexo 5.

4.1.1.5 COLOR

Bajo la cobertura de pasto *Brachiaria*, los suelos son oscuros (siendo este el más oscuro de todos), indicando presencia de materia orgánica.

Esta cobertura es reciente, pues era una zona cubierta por bosque que fue talado y luego quemado para darle paso al pasto hace cuatro meses aproximadamente (las muestras fueron tomadas en 2011).

Figura 4.15 – Fotografía de un área cubierta por pasto.



Figura 4.16 – Fotografía de una muestra tomada bajo la cobertura de pasto brakiaria.



También se encontraron en casi todos los sitios de muestreo, colores amarillos o pardo amarillentos en el subsuelo que indican la presencia de óxidos de hierro.

Figura No. 4.17 – Fotografía de muestras tomadas en áreas cubiertas por pastos.



Se encontró un área con cultivo de café desde hace cuatro años cercana a la rívera de la quebrada Itaibe en donde el suelo tiende a ser grisáceo, esto indica la presencia de horizontes que permanecen saturados con agua y cuya ausencia de oxígeno es marcada.

Figura 4.18 – Fotografía de cultivo mixto sobre la rívera de la quebrada Itaibe.



Figura 4.19 – Fotografía de muestra tomada en cobertura de cultivo mixto sobre la rívera de la quebrada Itaibe.



También se tiene una zona en erosión con suelos de tonos amarillos, esto es un índice de mejores condiciones de drenaje.

La interpretación del color del suelo determina algunas condiciones importantes; los colores rojos y amarillos identifican mejores condiciones de drenaje, pues éstos son producto de la oxidación de los compuestos de hierro cuando hay oxígeno y ausencia de agua. Cuando el nivel freático es fluctuante y se mantiene alto durante un espacio de tiempo moderado su

presencia deja moteados con manchas de color pudiendo ser estos grises, amarillos o rojos.

4.1.1.6 PH

El PH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas así como a muchos procesos del suelo.

La contribución del pH a la calidad intrínseca del suelo viene dada por su influencia en los procesos de humificación y mineralización a través de los microorganismos existentes. Además puede inducir toxicidades, al hacer asimilables sustancias perjudiciales para las plantas e interviene en los procesos de difusión y floculación del complejo adsorbente.

Los resultados para los análisis realizados en el área de estudio se muestran en la tabla 4.4.

Tabla No. 4.4 – Resultados sobre análisis de PH.

MUESTRA	COBERTURA	PH
S-2468	Zona Transicional	7.5
S-2469	Veg. Natural Arbustiva en Erosión	8.0
S-2470	Bosque	7.6
S-2471	Vegetación Natural Arbustiva	6.2
S-2472	Cultivo	5.5
S-2473	Pasto	6.5

Para el análisis de este parámetro se usó la clasificación contenida en el documento titulado: “El Análisis de Suelos: Toma de Muestras y Recomendaciones de Fertilización para la Producción Ganadera” de Pablo A. Cuesta Muñoz y Edgar Villaneda Vivas (ver tabla 4.5).

Tabla No. 4.5 – Clasificación para los valores de PH.

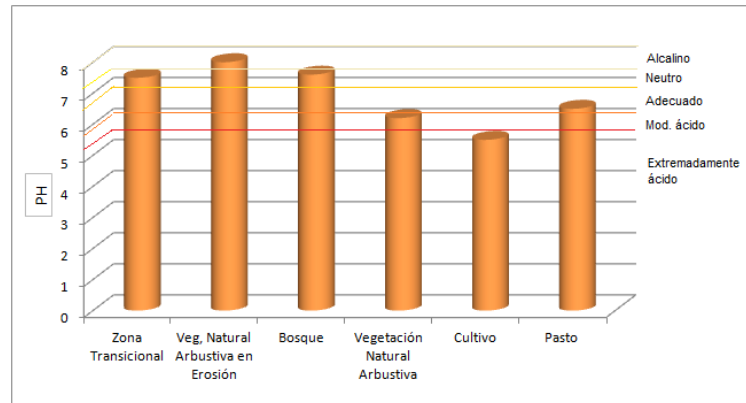
PH	
VALOR	CATEGORÍA
Menor de 5,5	Extremadamente ácido
5,5 - 5,9	Moderadamente ácido
6,0 - 6,5	Adecuado
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 – 8	Alcalino
Mayor de 8	Muy alcalino

Los resultados obtenidos en el análisis realizado, corresponden a un suelo alcalino para la

zona transicional, vegetación natural arbustiva en erosión y bosque, las áreas cubierta con vegetación natural arbustiva y pastos presentan un valor de PH adecuado (6,2 y 6,5 respectivamente), en el área con cultivo el suelo es moderadamente ácido.

Lo anterior puede observarse con detalle en el grafico de la figura 4.20:

Figura 4.20 – Gráfico de valores y clasificación de PH por cobertura.



4.2 CALIDAD DEL AGUA

Para tener un pequeño indicio de la calidad del agua en el área de estudio, se realizó un muestreo sobre las tres corrientes de agua superficial existentes en el lugar (río Páez, río Negro de Narváz y la quebrada Itaibe). Para cada fuente se eligieron dos puntos de muestreo, uno al ingresar la corriente en la zona del título de concesión y otro al salir de ella, y de esta manera se pueda en un futuro identificar afectaciones por la actividad minera. Por consiguiente, la información puntual que se provee da un acercamiento a un perfil de calidad del recurso hídrico en el lugar.

Se debe tener en cuenta que la calidad del recurso hídrico en el área, se afecta principalmente por las aguas servidas de la población, por los sistemas de producción agropecuaria que incorporan contaminantes a los cuerpos de agua y por la modificación de la cobertura vegetal que expone los suelos de la zona a la ocurrencia de fenómenos erosivos cada vez más severos.

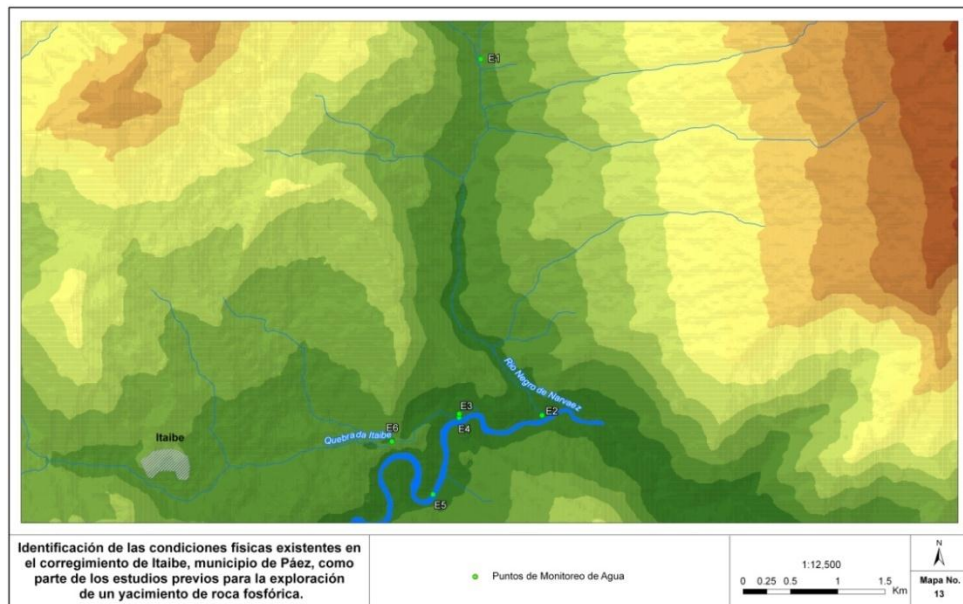
Los sitios donde se realizaron los muestreos fueron los siguientes:

- Estación 1 (E1): 50 metros aguas arriba de la bocatoma del distrito de riego Tesalia – Paicol.
- Estación 2 (E2): Punto cercano a la desembocadura del río Negro de Narváz sobre el río Páez.

- Estación 3 (E3): Punto sobre la quebrada Itaibe cerca a la desembocadura de ésta sobre el río Páez.
- Estación 4 (E4): Muestra tomada sobre el río Páez en un punto cercano a la desembocadura de la quebrada Itaibe.
- Estación 5 (E5): Punto sobre el río Páez, diagonal al caserío de la vereda la esmeralda aguas abajo del puente de Itaibe.
- Estación 6 (E6): Punto sobre la quebrada Itaibe a 150 metros aguas abajo del acantilado de difícil acceso.

Los puntos de muestreo se muestran en el mapa de la figura 4.21.

Figura 4.21 – Mapa de ubicación de los puntos para la toma de muestras sobre las tres corrientes del lugar.



Se analizaron los parámetros definidos por la NSF (National Sanitation Foundation) para determinar el índice de calidad de agua -ICA- Estos son: Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno 5, PH, Fosfatos, Nitratos, Sólidos Totales, Temperatura, Coliformes Fecales y Turbiedad.

El análisis fisicoquímico fue realizado en la Unidad de Análisis Industriales de la Universidad del Cauca y el análisis microbiológico se realizó en Univ Lab Fundacorh de la Corporación Universitaria del Huila – Corhuila. Esto se debió a la cercanía del último laboratorio con el área en estudio, pues las recomendaciones para el análisis microbiológico en muestras de agua indican que no debe transcurrir mucho tiempo desde que dicha muestra ha sido tomada hasta el momento en que es analizada.

Los resultados obtenidos son se muestran en el tabla 4.6.

Tabla No. 4.6 - Resultados del monitoreo de calidad del agua sobre las tres fuentes hidrográficas.

Parámetros	Unidad	Estaciones sobre la corriente del Río Negro de Narváez		Estaciones sobre la corriente del Río Páez		Estaciones sobre la corriente de la Quebrada Itaibe	
		1	2	4	5	3	6
pH	Unidades de pH	8,23 ± 0,26	7,74 ± 0,20	7,51 ± 0,04	7,78 ± 0,12	8,1 ± 0,05	8,20 ± 0,08
Oxígeno disuelto	mg/L	32,1	6,55	10,5	38,5	10,20	12,12
Turbidez	NTU	11,93 ± 0,25	43,26 ± 1,27	58,71 ± 1,90	39,32 ± 2,90	68,03 ± 0,52	54,47 ± 1,56
Temperatura	°C	21	18	20	19	22	21
Temperatura ambiente	°C	23	20	21	22	23	22
DBO ₅	mg/L	4,92	4,97	4,78	4,98	4,77	4,76
Nitratos	mg/L	< 2.0	2,34±0.65	3,47±0.68	2,38 ±0.67	4,13±0.72	2,71±0.72
Fosfatos	mg/L	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
SST	mg/L	0,078 ± 0,003	0,034 ± 0,015	0,26 ± 0,006	0,136 ± 0,004	0,266 ±0,005	0,264 ± 0,002
Sulfatos	mg/L	5.17±0.82	15.31±0.34	124.6±0.46	113.3±1.31	-----	76.6±0.46
Coliformes Totales	NMP/100 ml	>/=2400	>/=2400	>/=2400	>/=2400	>/=2400	>/=2400
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	150,0	28,0	>/=2400	210,0	20,0	>/=2400

De acuerdo con la tabla 3.21 en donde se muestran algunos criterios de calidad admisible para la destinación del recurso hídrico para diferentes usos según lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984. Los valores de PH para las corrientes superficiales analizadas están bajo los niveles permitidos para consumo humano con tratamiento convencional y/o solo desinfección, para uso agropecuario y de recreación.

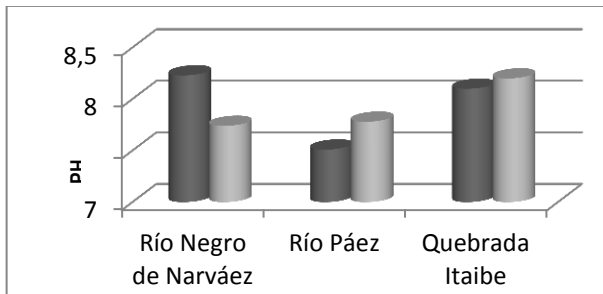
Al comparar los valores obtenidos con los de los análisis realizados en 2008, para el río Negro de Narváez, los primeros son más altos; para la estación 1 la medida obtenida en 2011 es mayor por dos unidades a la tomada en 2008 y para la estación 2 hay un aumento de 0,3 unidades, lo cual indica que el valor de PH ha aumentado en tres años, siendo ahora más alcalina el agua.

Los valores que se están comparando fueron tomados sobre el río Negro de Narváez en los mismos puntos que en 2008 lo hizo el grupo consultor de la CRC.

La corriente con valores de PH más cercanos a valor neutro es el río Páez (7,51 y 7,78) y los resultados que más se desvían de dicho valor neutro son los correspondientes a la quebrada Itaibe con 8,1 y 8,2, y el río Negro de Narváez presenta valores intermedios entre los anteriores (8,23 y 7,74).

La comparación entre los valores se puede observar en el gráfico de la figura 4.22.

Figura 4.22 – Grafico de valores de PH para cada una de las fuentes.



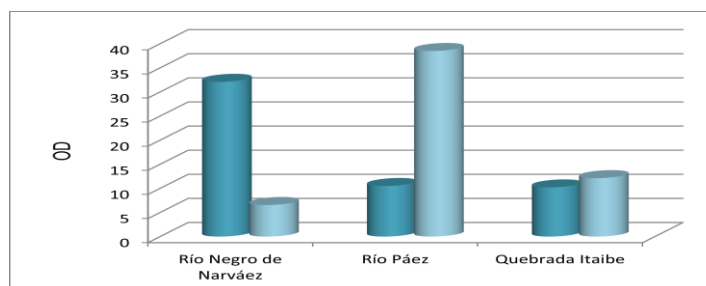
Es posible decir que en todo líquido hay oxígeno disuelto en mayor o menor cantidad. Para el agua, por ejemplo, a una temperatura de 20 °C y una presión atmosférica de 1013 mbar, tiene en estado saturado, aproximadamente 9 mg/L de oxígeno y la concentración máxima es de 15 mg/L aproximadamente⁹.

Bajos contenidos de oxígeno disuelto en el agua implican mayor forma tóxica del amoníaco porque no se transforma. Los contenidos de OD son afectados por las altas temperaturas, altos valores de salinidad y también por la altura del cuerpo de agua.

Dos de los resultados obtenidos para la medición de oxígeno disuelto en las corrientes en estudio, están un poco fuera de lo normal, quizá debido a que la muestra fue tomada y transportada durante dos horas aproximadamente y en el momento de la toma, pudo haber contacto con el aire del entorno. Salvando esta situación, los resultados obtenidos muestran que dichas corrientes no presentan mayores problemas por contenido de oxígeno en el agua.

No es posible hacer un mayor seguimiento al comportamiento del OD en las fuentes, porque el muestreo se hizo de forma puntual, teniendo solo dos puntos sobre cada corriente y de esta manera solo se puede tener una apreciación del valor de OD en estas corrientes. Dichos valores pueden ser observados gráficamente en la figura 4.23.

Figura 4.23 – Gráfico de valores de oxígeno disuelto para cada una de las fuentes.



⁹ http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap16.pdf

La turbiedad es producida por las partículas coloidales del suelo, en su mayor parte de tipo inorgánico con algo de presencia de materia orgánica.

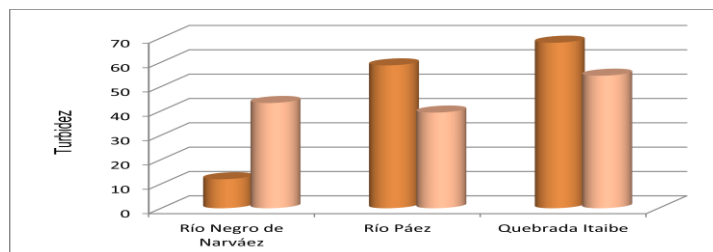
Algunos de los efectos de la turbidez en el agua son que las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además los organismos que habitan en el agua no pueden regular la temperatura de su cuerpo por que toman el valor que contiene el agua y no pueden sobrevivir en agua más caliente, mientras que se favorece la multiplicación de otros. Se disminuye la actividad fotosintética de plantas y algas que contribuye aun más a bajar los valores de oxígeno en el agua, y cuanto más turbidez haya más difíciles serán las condiciones para la supervivencia de los peces y demás organismos.

Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de turbidez, o Nefelometric Turbidity Unit (NTU), y Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU, sin embargo, de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 y derogado por el decreto 3930 de 2010, se considera aceptable hasta 10 UJT (Unidad de Turbidez de Jackson) para consumo humano con solo desinfección, por lo tanto los valores obtenidos para las corrientes analizadas estan por encima de los mencionados anteriormente, estas cantidades pueden ser debidas a los intensos procesos de erosión que estan presentes en las riveras de las tres corrientes más que por descargas de aguas residuales. Dichos valores califican a estas tres fuentes como deficiente en cuanto a calidad del agua.

La figura 4.24 muestra los valores de turbidez para las fuentes.

Figura 4.24 – Gráfico de valores de turbidez para cada una de las fuentes.

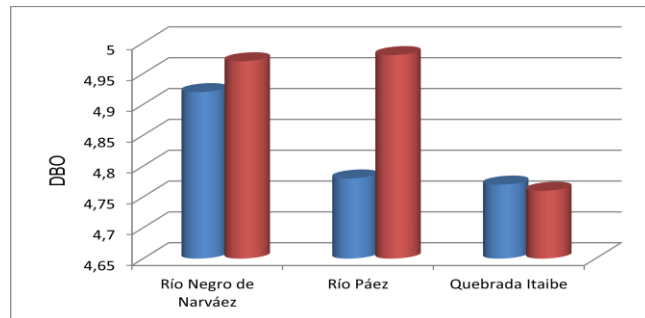


La DBO es un parámetro que indica la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales y aguas no

tratadas.

Para el análisis en desarrollo, se obtuvo que los valores de DBO corresponde a los de una clasificación deficiente para la fuente (4 – 6 mg/L) como valor diario y por lo tanto requiere de tratamiento convencional para uso doméstico.

Figura 4.25 – Grafico de valores de DBO para cada una de las fuentes.



Los valores de nitratos presentes en las fuentes están por debajo del valor máximo admisible (10 mg/L) para la calidad de agua potable según el decreto 475/98. La cantidad mas alta encontrada (4,13 mg/L) corresponde a la quebrada Itaibe.

La cantidad de fosfatos presentes en todas las muestras estan por debajo de 0.2 mg/L que es el máximo valor permitido para el agua potable.

Los solidos totales presentan un nivel muy bajo. El mayor valor lo presenta la quebrada Itaibe con 0,266 mg/L.

Los sulfatos estan en una concentración inferior a la máxima permitida (250 mg/L) para agua potable de calidad aceptable.

Los valores para coliformes totales son en todas las fuentes superiores a 2400 NMP/100 ml, lo que hace que el agua sea clasificada como una fuente deficiente y que requiere tratamiento para ser consumida. Mientras que el contenido de coliformes fecales varían de fuente a fuente, encontrando los mayores niveles en la quebrada Itaibe y en el río Negro de Narváez, esto puede ser debido a la contaminación directa que produce el ganado vacuno en las riveras de las fuentes.

Los resultados aquí expuestos describen a muy grandes rasgos su condición, ya que solo se tomaron dos muestras puntuales para cada corriente, sin embargo, dichos valores pueden indicar una posible tendencia para las corrientes de la zona, pero es necesario aclarar que son datos puntuales y que para poder hacer un mejor análisis de la destinación del recurso es necesario realizar monitoreos periódicos de la calidad de agua de dichas fuentes.

4.2.1 PERFIL DE CALIDAD DEL AGUA

Para estimar la calidad del agua en el área de estudio se aplica el índice de calidad del agua – ICA, descrito en el capítulo 3 página 60. Para el cálculo de ICA se utiliza la misma ecuación de suma aritmética utilizada por CRC en el estudio descrito antes, dicha expresión es: $ICA = \sum_{i=1}^n q_i \times w_i$ (valor aritmético de la calidad del agua).

En la tabla 4.7 se presentan los resultados obtenidos para la estimación del índice de calidad en las fuentes analizadas.

Tabla 4.7 – Resultados de la clasificación para las tres corrientes de agua superficial.

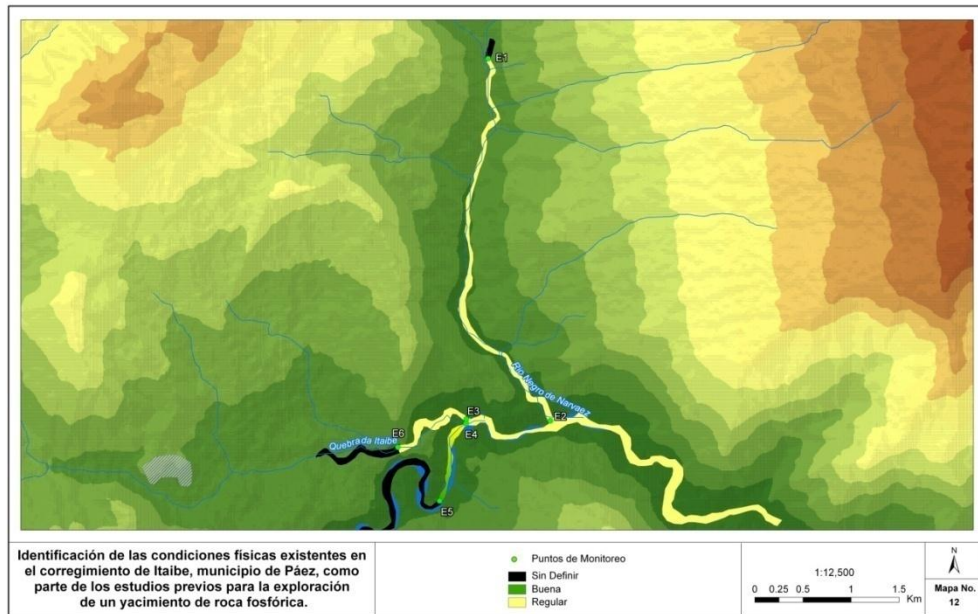
Estación	1	2
Corriente		
Río Negro de Narváez	65.64	70.62
Río Páez	75.87	64.24
Quebrada Itaibe	65.74	64.38

Los resultados para el índice de calidad de la tabla 4.7, reflejan que la tendencia de la calidad del agua para las corrientes de la zona es regular, debido principalmente a los procesos de afectación antrópica que se dan en la región.

Para los puntos de muestreo sobre la corriente del río Negro de Narváez, que se realizaron en el mismo lugar en donde lo hizo en 2008 el grupo consultor de CRC, se obtuvo prácticamente el mismo resultado para el punto 1 situado 50 metros aguas arriba de la bocatoma del distrito de riego Tesalia – Paicol y unos metros más debajo de la descarga del municipio de Nátaga, este fue 65,06, y para el punto 2 sobre la misma corriente se presentó una mejora en la calidad que tal vez podría ubicarse dentro de la clasificación como buena.

En la figura 4.26 se presenta la sectorización de las corrientes de las zonas de acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar el índice de calidad -ICA:

Figura 4.26 – Mapa de sectorización de las corrientes.



4.3 MATRIZ DE AFECTACIONES

En la vereda la Esmeralda, del corregimiento de Itaibe, municipio de Páez, sitio de ubicación del título minero del resguardo Piçkwe Tha Fiw, se desarrollan actividades agrícolas y de ganadería extensiva, que de algún modo tienen efecto sobre cada uno de los componentes ambientales de la zona, pero que representan el sustento de las familias que allí habitan.

En esta parte del presente estudio se identifican las afectaciones causadas por los asentamientos humanos en sus diferentes actividades de interacción con el entorno y que representan la economía del lugar, y también afectaciones de origen natural.

El impacto ambiental existente en los casos de explotación de fosforita se deriva de la presencia de escombreras, depósito de lodos y excavaciones. Las escombreras pueden constituir un foco de contaminación del suelo, de las aguas subterráneas por infiltración y de las superficiales por escorrentía.

Con el propósito de identificar las afectaciones existentes antes de la intervención minera para que permitan en un futuro hacer una medición del impacto ambiental del proyecto, dichas afectaciones se determinan para los siguientes componentes ambientales: suelo, agua superficial, formaciones rocosas, aire y cobertura vegetal.

La clasificación para cada uno de los parámetros mencionados se realizó de acuerdo con el documento proporcionado por el grupo Gemma de la Universidad Nacional de Medellín incluido en el anexo 5.

4.3.1 CLASIFICACIÓN PARA LA AFECTACIÓN DEL SUELO

El terreno presenta algunas afectaciones en cuanto a profundidad de la capa arable y pedregosidad que puede clasificarse como severa. En textura dicha afectación es moderada.

Figura 4.27 - Fotografía: afectación de la estabilidad del suelo por deforestación y sobrepastoreo.



Figura 4.28 – Fotografía: Aceleración del proceso erosivo por la práctica de quemas y el sobrepastoreo.





4.3.2 CLASIFICACIÓN PARA LA AFECTACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL.

En la tabla 4.8 se muestra la clasificación por parámetro en cada uno de los puntos muestreados para las tres fuentes analizadas.

Tabla 4.8 - Clasificación para las fuentes analizadas.

PARÁMETRO	LÍMITE PERMISIBLE	1	2	4	5	3	6
Nitratos	10 mg/l						
PH	5.0 - 9.0						
ST	500 mg/l						
Sulfatos	250 mg/l						
Sustancias Flotantes	Ausentes						
Oxígeno Disuelto	70%						

4. 3.3 CLASIFICACIÓN PARA LA AFECTACIÓN DEL AIRE

No se hizo caracterización para la afectación del aire por falta de instrumentación. Además, en la zona no se identifican fuentes de contaminación ni fijas ni móviles.

4.3.4 FORMACIONES ROCOSAS

Subsidencia

En el lugar no existen afectaciones apreciables en cuanto a subsidencia.

Movimiento en masa

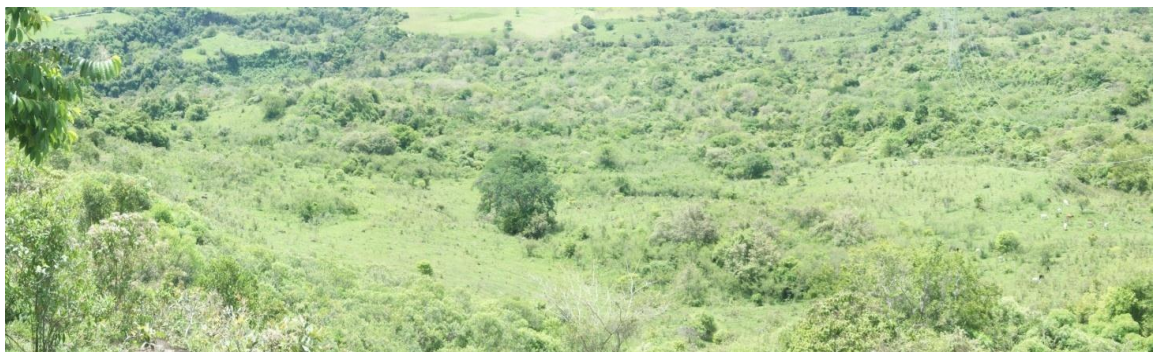
Afectación ligera. Toda el área presenta solo un punto de movimiento en masa, de no más de 20 m², el terreno no se encuentra en el momento cargado de agua pero esta fue una afectación que se produjo en un tiempo de fuertes lluvias y solo hay un pequeño flujo de terreno en la dirección de la pendiente.

4.3.5 COBERTURA VEGETAL

El área de la vereda la esmeralda, se caracteriza por poseer pequeñas manchas de vegetación nativa, vegetación secundaria y en mayor proporción vegetación de rastrojo, con presencia de especies arbustivas, con destino al pastoreo. Son evidentes los procesos antrópicos de deforestación para dar paso a zonas de cultivos que se restringen a parcelas sembradas de café, plátano, maíz, yuca, caña panelera, cítricos y algunos otros frutales como papaya.

Las diferentes actividades del proyecto se realizarán en zonas donde predominan los pastos, rastrojo y una pequeña zona de bosque, tal como se ilustra a continuación (ver figuras desde 4.29 a la 4.39).

Figura 4.29 – Fotografía: características propias de la vegetación predominante en el área de interés, compuesta por bosque, pastos y vegetación secundaria (rastrojo), dedicada al pastoreo.



En la figura 4.29 es posible observar intercalaciones de pastos en parte de la zona boscosa.

En el área se pueden identificar cuatro coberturas importantes, estas son: la parte alta de la zona, se encuentra cubierta por bosque, se tiene también, una extensa zona de pasto con intercalaciones de rastrojo alto y bajo y algunas áreas de cultivo

Figura 4.30 – Fotografía de la cobertura de bosque parte norte. Área con buena calidad.



Figura 4.31 – Fotografía de un área con bosque y pastos.



Vista por la parte sur del área boscosa, en donde puede observarse algunas intercalaciones de pastos.

Figura 4.32 – Fotografía de la zona de bosque y rastrojo.



Paisaje característico del lugar en su zona de bosque y rastrojos.

Sobre la cañada de la quebrada Itaibe, parte sur del área del proyecto y base del Filo Quita Sobrero se aprecia una cobertura densa de bosque pero se encuentra intervenida por pequeños cultivos de maíz, frijol y café.

Figura 4.33 – Fotografía: Tala y quema de vegetación en el área con bosque sobre la rivera de la quebrada Itaibe.



Rastrojo. La zona oriental es la parte baja del área y está cubierta en buena parte por rastrojo combinado con pequeñas zonas de pastos.

Figura 4.34 – Fotografía de la parte oriental del área del proyecto. Vegetación típica del lugar.



Hacia el norte, la cobertura de rastrojo se transforma en pastos intervenido con cultivos (ver figura 4.35).

Figura 4.35 – Fotografía de la parte nororiental del área de interés.



En la figura 4.36 puede observarse que sobre la margen derecha (sur) del río Negro de Narvéez se encuentran cultivos misceláneos, compuestos por café principalmente combinado con plátano y plátano cachaco, algunos frutales (mandarinos y naranjos) y unos cuantos árboles que ofrecen sombra a los cultivos, se aprovecha también la brisa del río para el café, pues se trata de una zona de clima cálido.

Figura 4.36 – Fotografía de algunos cultivos presentes en las riveras del río Negro de Narvéez. Vereda la Esmeralda.



Pastos. Existe una gran parte del área de interés cubierto por pastos.

Figura 4.37 – Cobertura de pastos con buena calidad.



Figura 4.38 – Fotografía de cobertura de pasto en proceso de erosión.



En la parte baja también se encuentran áreas de cultivo dentro de las laderas con pasto (ver figura 4.39).

Figura 4.39 – Fotografía de cobertura de pasto con intervenciones de cultivos.



4.3.6 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE AFECTACIONES AMBIENTALES

Esta matriz permite hacer un seguimiento a las afectaciones en el medio ambiente desde antes que inicien las labores de minería en el lugar.

Tabla 4.9 – Matriz de identificación y clasificación de afectaciones ambientales.

	INFORMACIÓN BASE		AFECTACIONES			
	Física	Clasificación	Asentamientos Humanos	Otras Actividades Económicas	Minería	Natural
Suelo	Estabilidad estructural	Clasificación del suelo por horizontes – Las labores de labranza se desarrollan básicamente en el horizonte A	Afectación de la calidad física del suelo por vertimientos.	Aceleración del proceso erosivo con pérdida de la capa de materia orgánica y compactación, por las prácticas de renovación de cultivo con quema previa y sobre pastoreo.	Suelos erosionados y desestabilizados por la adecuación de terrenos para la construcción de vías de acceso.	Desestabilización de los terrenos en épocas de lluvias. Exposición de la roca madre por factores ambientales.
Agua Superficial	Caudal o flujo.	Caudal: intermitente, perenne.	Disminución de la calidad del agua debido a los vertimientos sobre el cauce sin tratamiento.	Disminución de la calidad del agua debido a los vertimientos directos sobre el cauce sin tratamiento.	Disminución de la calidad física del agua debido al aporte de sedimentos provenientes de construcción de vías y la bocanoma del distrito de riego.	Afectaciones en los valores de PH del agua por la composición del suelo de las cuencas.
	DBO5	Referirse a la resolución de 1575 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial		Contaminación biológica considerable producida por el ganado en las riveras de las fuentes.		
	Nitratos			Aporte de sedimentos debido a la inadecuada cobertura vegetal protectora		
	Oxígeno Disuelto					
	PH			Aporte de		
	Sólidos Totales					
	Sulfatos					
	Sustancias					

	Flotantes Temperatura			protectoras de los causes y aporte de sedimentos debido al aumento de la frontera agropecuaria.		sedimentos por saturación y desprendimientos.
Aire	Dirección Sur Este, Velocidad	No se realizaron mediciones atmosféricas, en cuanto a gases y partículas contaminantes.	Contaminación del aire debido a la quema de basuras y residuos.	Generación de gases y partículas debido al tránsito de vehículos.	No se evidencia afectaciones.	No se evidencia afectaciones significativas.
			Contaminación con productos propios de la combustión de leñas utilizadas para la cocina.	Generación de material particulado proveniente de los suelos desnudos		
Formaciones Rocosas	Movimiento en masas, procesos erosivos.	Forma y dimensiones de la subsidencia, movimientos rotacionales, planares o diédricos, tipo de erosión, rumbo y buzamiento, falla normal, inversa o transcurrente, diaclasas, zonas de cizalla, grado de pendiente, altura de nivel freático.	Factores antrópicos que detonan la inestabilidad. (Causante: Construcciones civiles sin la debida planificación y con inadecuado manejo del recurso hídrico).	Afectación de la estabilidad de las laderas del suelo por saturación hídrica como consecuencia de la deforestación y el sobre pastoreo.	Alteración en la estabilidad de las laderas por construcción de vías y redes para distrito de riego.	Procesos naturales neotectónicos que dan lugar a la reactivación de las fallas geológicas del sector.
	Estructuras Geológicas. Pendientes. Saturación de Agua.				Meteorización de la roca por causa de la lluvia, el viento y la humedad relativa del aire.	
Cobertura Vegetal	Aptitud del suelo.	Cultivos.	Disminución en las coberturas vegetales por usos como estacones, cercas.	Remoción, fragmentación y efecto de borde sobre las comunidades vegetales.	Levantamiento de la cobertura vegetal para instalación de infraestructura para distritos de riego.	Afectación de la cobertura vegetal por eventos climatológicos extremos.
		Pastos manejados. Pastos no manejados. Rastrojo bajo.		Pérdida de la cobertura vegetal nativa con aplicación del método de quema para		

		Rastrojo alto. Bosque. Sin cobertura.		ampliación de cultivos. Remoción de cobertura vegetal protectora.		
Paisaje	Manifestación física del territorio. Elementos naturales. Elementos antrópicos.	Componentes Visibles: Geológico: Forma, Textura, contraste y escala. Hidrológico: Geometría y ejes estructurantes. Biológico: Forma, Textura y contraste. Antrópico: Asentamientos y Movilidades (Vías, caminos, senderos, puentes, túneles).	Alteración del paisaje por la construcción de vías y caminos.	Cambios en el paisaje por causa de procesos erosivos.	Alteración del paisaje por la construcción de redes de conducción para distrito de riego.	Fuerte contraste en el paisaje por corte de las formaciones rocosas por el cauce de las corrientes de agua superficial.
Población	Salud	Morbilidad	No se tiene evidencia de afectaciones significativas	No se tiene evidencia de afectaciones significativas	No se tiene evidencia de afectaciones significativas	No se observan afectaciones significativas
	Empleo		No se evidencia afectaciones	Generación de empleo sin prestaciones sociales.	Generación de empleo bajo los parámetros de la ley.	No se observan afectaciones significativas
	Organización social	Organización familiar	Familias arraigadas, permanencia en la zona Familias con estructura	No se evidencia afectación	No se evidencia afectación	No se evidencia afectaciones significativas

			tradicional			
		Organización comunitaria	Participación en grupos y/o organizaciones que pueden ayudar a mejorar condiciones de bienestar personal y del entorno.	No se evidencia afectación	No se evidencia afectación	No se evidencia afectaciones significativas

4.4 PROPUESTA PARA MANEJO Y TRANSMISIÓN DE DATOS DE VARIABLES FÍSICAS EN EL MEDIO AMBIENTE

El área de estudio está ubicada en la cuenca del río Páez, dicha cuenca hasta el momento no se encuentra instrumentada en su totalidad, uno de los factores que ha obstaculizado esta posibilidad son las sucesivas avalanchas que ha presentado el río debido a la dinámica de la zona en donde se origina la corriente. Por tal motivo, la cuenca del río Páez no se encuentra debidamente caracterizada.

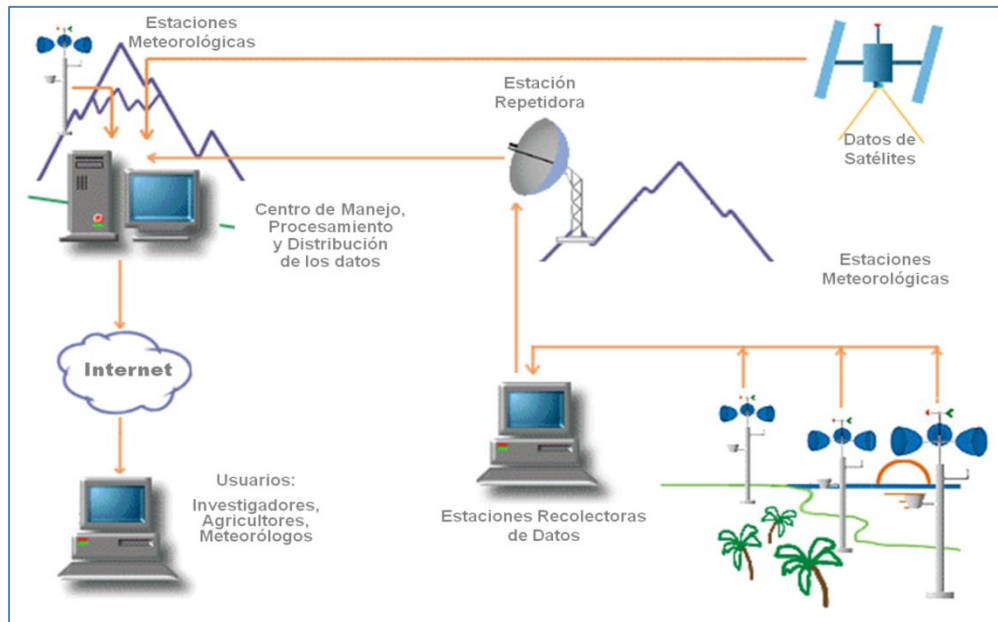
Pensando en lo anterior y teniendo en cuenta que la zona es de difícil acceso debido a su fuerte orografía, se propone un sistema de toma y transmisión de datos para posibles estaciones climatológicas en este lugar y otros sitios donde se requiera recoger información que presenten condiciones orográficas similares.

4.4.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

En términos generales se trata de un sistema de adquisición, procesamiento y visualización de datos climatológicos. Consta de sensores para medir las variables, un ordenador para el análisis de datos y un programa para la visualización.

Una vez realizada la adquisición de los datos, estos pueden ser transmitidos a una estación repetidora para pasarlo a otras estaciones recolectoras de datos, se puede cruzar la información con datos de satélite o publicarla en internet para que puedan tener acceso a ella diferentes usuarios con fines de uso en agricultura, meteorología, investigación, etc.

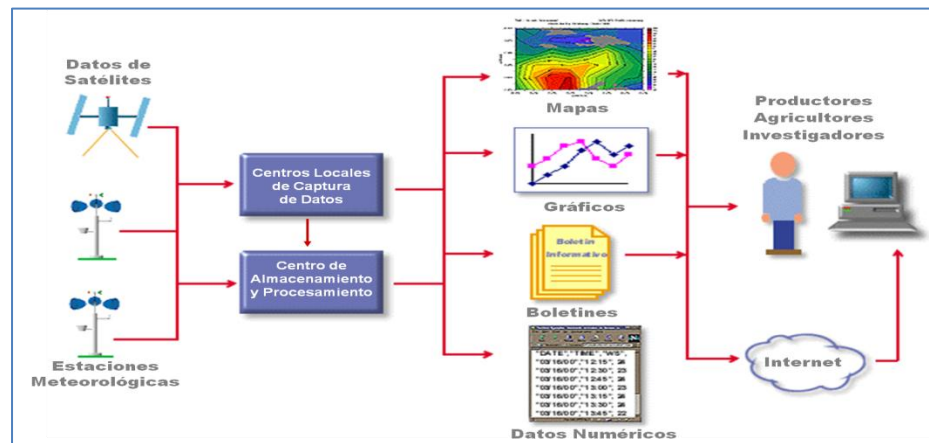
Figura 4.40 – Sistema para el monitoreo de variables climatológicas.



El sistema cuenta con las siguientes facilidades:

- Usa tecnologías estándar para la captura, almacenamiento, procesamiento y distribución de los datos.
- Soporte para muchos tipos de instrumentos y software de manejo de datos.
- Acceso a METADATOS suficiente para la caracterización de los datos y sus fuentes (datos disponibles a largo plazo).
- Acceso a los datos por personas de diferentes especialidades: científicos, meteorólogos, agricultores, etc., con el nivel de procesamiento requerido por cada uno de estos.
- Acceso a los datos en tiempo real y acceso a datos históricos.
- Aplicaciones que pueden acceder directamente a los datos y metadatos en diferentes formatos (para modelado, simulación, predicción, etc.)
- Los datos y productos de información se pueden consultar usando interfaces Web accesibles a través de Internet.
- El sistema está diseñado en forma modular, facilidad de añadir componentes y tecnologías.

Figura 4.41 – Sistema para el monitoreo de variables climatológicas. Presentación de la información.



Las aplicaciones que puede tener son las siguientes:

Para Científicos - Investigadores

- Modelado y simulación de eventos biológicos y climáticos.
- Estudio y monitoreo de plagas.
- Dinámica poblacional.
- Estudios del efecto del clima en la producción agrícola y pecuaria, etc.

Para Agricultores - Productores

- Sistema de alerta y pronóstico.
- Mejoramiento del rendimiento de cultivos.
- Control y pronóstico de plagas.
- Monitoreo de variables climáticas.
- Planificación de prácticas agronómicas, etc.

En general, la utilidad del sistema puede darse para:

1. Alerta de plagas.
2. Alerta de eventos climáticos y desastres naturales.
3. Planificación de cultivos.
4. Visualización de parámetros climáticos en tiempo real.

4.4.1.1 DISPOSITIVOS PARA LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

1. Estación datalogger Rainwise SR-10

Tiene una configuración estándar de 32 K de memoria no-volátil. Esto permite una capacidad de almacenamiento de 80 días para un muestreo de 10 parámetros/hora. Se puede ampliar esta memoria a 64, 128 y 256 K RAM. El software permite seleccionar el intervalo de registro en el campo o a través de computadora por conexión serial.

Figura 4.42 - Estación datalogger Rainwise SR-10



Los siguientes pueden ser los intervalos iniciales, luego se podrán ajustar en la medida que se requiera (ver tabla 4.10). Los datos obtenidos en cada estación serán transmitidos mediante una red telemétrica.

Tabla No. 4.10 – Sensores para la estación datalogger Rainwise SR-10

No	Sensor	Intervalo de registro (min.)	Por hora	Por día	Por mes
1	Velocidad del viento	10	6	144	4320
2	Dirección del viento	10	6	144	4320
3	Temperatura del aire	60	1	24	720
4	Humedad del aire	60	1	24	720
5	Precipitación	30	2	48	1440
6	Presión atmosférica	180	-	8	240
7	Radiación solar	30	2	48	1440
8	Evaporación	30	2	48	1440
9	Temperatura del suelo	60	1	24	720
10	Humedad del suelo	60	1	24	720

La estación tiene un valor aproximado de USD 3600.

Cada uno de los dispositivos de la estación se menciona a continuación, sus especificaciones se presentan en el anexo 6.

1.1. The RainWise aerVane para medir velocidad y dirección del viento.

Figura 4.43 – Sensor para medir velocidad y dirección del viento.



Una interface RainWise puede proveer una interface de salida RS-232 o cualquier salida analógica deseada que incluya 4-20 miliamperios, 0-1 VDC, etc.

El RainWise AerVane™, está garantizado para cinco años.

- Cumple o excede las directrices de monitoreo de la EPA.
- Precisión NIST.
- No hay direccionamiento de banda muerta.
- Cinco años de garantía.
- Instalación Plug-in.

1.2 Sensor de precipitación Rain Wise.

Este sensor es de acero inoxidable y está integrado a la estación.

Figura 4.44 – Sensor para medir precipitación.



1.3 Sensor de Radiación Solar - Luminosidad Rain Wise.

1.4 El registrador electrónico de datos Rain Wise.

Figura 4.45 – Registrador electrónico de datos.



Puede recibir varios sensores.

1.5 Medidor electrónico de evaporación.

Figura 4.46 – Medidor electrónico de evaporación.



1.6 Sensor de temperatura y humedad relativa Rain Wise.

Figura 4.47 – Sensor de temperatura y humedad relativa.



1.7 Sensor de gas Rain Wise.

Figura 4.48 – Sensor de gas.



1.8 Dispositivos para telemetría Rain Wise.

Figura 4.49 – Dispositivos para la telemetría.



1.9 Sistema de control inalámbrico de 4 canales 5000 metros

Figura 4.50 – Sistema de control inalámbrico.



En la tabla 21 del anexo 5, se presenta un estudio preliminar para el cálculo de una estación meteorológica convencional.

Otra alternativa para el monitoreo de variables climatológicas está en el servicio que presta el Grupo de Estudios Ambientales – GEA de la Universidad del Cauca. Consiste en implementar una estación meteorológica en el lugar en donde se requiera recoger datos, la transmisión y monitoreo se hace por una línea de telefonía móvil. El costo de este servicio es, el de la implementación de la estación meteorológica que es de 8 millones aproximadamente y el de la línea de telefonía móvil.

4.4.2 MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

Para el caso de la determinación de la calidad del aire, es necesario mencionar que un aporte importante lo realizaron los ingenieros Dairo Alegria y Daniel Orozco en su trabajo de conclusión de pregrado titulado: “Implementación de un Fotómetro Solar para la Caracterización Óptica de Aerosoles Atmosféricos”.

En el documento mencionado se realiza el diseño e implementación de un fotómetro solar manual como una contribución a los procesos de medida y control de calidad del aire. En Colombia existen procesos para el control de la calidad del aire con equipos PM10 (instrumentos que recogen los aerosoles menores a 10 μm de diámetro). Estos instrumentos realizan las medidas a baja altura (terrazas de edificios y nivel del suelo), sin registrar medidas a los rangos de altura en los que se concentra la mayor cantidad de contaminantes. Dichos instrumentos además de tener un elevado costo, exigen un mantenimiento y calibración de nivel especializado.

El fotómetro solar se basa en la medición a nivel terrestre de la atenuación de la radiación solar por parte de los aerosoles atmosféricos lo que los hace instrumentos de alta confiabilidad para la medida de aerosoles, es un instrumento portátil que permite realizar medidas en diferentes sitios ya que no necesita estar fijo a un laboratorio o a un observatorio de medida.

El fotómetro consta de tres partes básicas:

- Sistema óptico (tubo limitador de campo), compuesto por un tubo limitador y filtros de interferencia.
- Sistema electrónico (detección, adecuación y adquisición). La luz recogida se proyecta sobre un fotodetector. El sistema electrónico consta de tres partes: detección de la señal, adecuación de la señal y adquisición de la señal.
- Programa para el análisis de datos con LabView 6i, que recibe los datos proporcionados por la memoria de recolección para llevar a cabo los respectivos cálculos.

4.4.3 MONITOREO DE SEDIMENTOS EN CORRIENTES SUPERFICIALES

Para análisis de sedimentos en las corrientes superficiales también es posible sugerir el procedimiento desarrollado por el ingeniero Daniel Antonio León en su trabajo de conclusión de pregrado titulado: “Análisis comparativo de la medición de concentración de sedimentos suspendidos utilizando instrumentos ópticos (OBS – 3A) y acústicos (ADCP) en la Bahía de Tumaco – delta del río Mira”.

Para determinar la concentración de sedimentos suspendidos (CSS) se utilizan instrumentos como turbidímetros, trampas de sedimento, muestreadores mecánicos y botellas Niskin (USGS, 1999) estos instrumentos son de carácter intrusivo porque modifican las condiciones físicas del muestreo (i.e de captura, volumen de muestra), y por lo tanto conducen a imprecisiones en la estimación de la CSS (Creed, 2001). Además, solo permiten mediciones puntuales, lo que impide hacer una estimación temporal y espacial con alta resolución de los cambios en la CSS. [9]

En los últimos años se han utilizado con óptimos resultados instrumentos ópticos (e.g OBS) y acústicos (e.g ADCP) para estimar la CSS. El OBS – Optical Backscatter, es un sensor óptico que mide turbidez y CSS detectando radiación infrarroja retroesparcida¹⁰ por las partículas en suspensión (Creed, 2001). El ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler, es un dispositivo acústico utilizado principalmente para hacer perfiles de corriente, emitiendo pulsos sonoros a través de la columna de agua y registrando la intensidad y frecuencia del eco reflejado por las partículas en suspensión. Se ha demostrado que la intensidad de la señal registrada es proporcional a la CSS (Thorne y Hannes, 2002). Tanto el OBS como ADCP permiten realizar mediciones durante largos periodos sin interferir directamente con la dinámica de los sedimentos en suspensión. Además, el ADCP al emitir pulsos a lo largo de la columna de agua es capaz de registrar variaciones espaciales de la CSS.

4.4.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL OBS

Las mediciones en el cambio de intensidad permiten extraer información cuando ocurren

¹⁰ El término esparcimiento denota el efecto de redistribución de la energía cuando esta incide sobre un grupo de partículas, en vez del término dispersión que está más asociado al fenómeno de descomposición de la luz en sus diferentes longitudes de onda constitutivas.

eventos de interacción entre la luz y la materia y de esta manera conocer aspectos del ente que genera cambios sobre dicho parámetro.

Cuando la radiación electromagnética interacciona con un grupo de partículas de pequeño tamaño, por ejemplo, induce oscilaciones entre las cargas eléctricas de la materia, los dipolos así inducidos emiten ondas secundarias en todas las direcciones [10], esta radiación secundaria tendrá un valor de intensidad diferente a la de la radiación incidente. Bajo este principio físico se han construido diferentes instrumentos de medida, uno de ellos es el turbidímetro, instrumento que mide turbidez, o grado de transparencia de un fluido. Esta variación en intensidad depende principalmente de la absorción y el esparcimiento (scatter) de la radiación por parte de las partículas en suspensión. En el esparcimiento no hay cambio en la energía total de la radiación, solo una redistribución de ella fuera de la dirección de incidencia.

Se deben tener en cuenta los factores que afectan la medición. Estos son:

- Tamaño del sedimento.
- Composición mineral del sedimento (color).
- Rangos de medición.
- Burbujas y material biológico.

4.4.3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL ADCP.

El Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), es un dispositivo acústico que permite registrar la velocidad y dirección del agua a diferentes profundidades, en otras palabras, realiza perfiles de corriente. Estas mediciones las hace a través de tres transductores, que pueden estar dirigidos hacia el fondo o a la superficie (pero siempre sumergidos), los cuales emiten pulsos de sonido con un valor de frecuencia fijo. Las partículas presentes en el agua, como los sedimentos hacen que las ondas acústicas producidas por el ADCP se reflejen. Estos sedimentos se mueven con una velocidad determinada, dependiente de la fuerza de la corriente que los arrastra. De acuerdo con el efecto Doppler, la frecuencia del eco que retorna al dispositivo difiere de la que es emitida, a partir de esta variación es posible calcular la velocidad con que se mueven las partículas en suspensión, es decir, la velocidad del agua.

La señal debe ser recogida teniendo en cuenta las pérdidas por absorción, por tal razón, se debe considerar que en el ADCP se deben hacer correcciones debido a las pérdidas en la intensidad de la señal, que se deben principalmente a la absorción del sonido por el agua y las partículas en suspensión. También se hace una corrección geométrica.

Para el uso de estos dos dispositivos se hacen las siguientes recomendaciones:

- Para el OBS el tamaño de los sedimentos debe permanecer lo más homogéneo posible, o hacer un riguroso estudio previo acerca del tamaño medio de los sedimentos con el fin de utilizarlo en el proceso de calibración y de esta manera garantizar mediciones precisas.
- Para el ADCP se debe tener cuidado con la concentración del eco.

4.4.4 USO DE IMÁGENES SATELITALES PARA LA DETERMINACIÓN DE COBERTURAS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS EMPLAZAMIENTOS MINEROS.

La teledetección engloba desde el proceso de obtener una imagen hasta el procesamiento de la información que suministra, en el contexto de una determinada aplicación.

En muchas ocasiones los procedimientos convencionales para la caracterización espacial (topografía, cartografía convencional) no son la mejor alternativa, debido a factores como; zonas de difícil acceso, extensión o problemas de orden público.

Por tal motivo, se quiere proponer el uso de métodos como la teledetección que permite obtener una amplia visión panorámica, facilitando el análisis y determinación de los diferentes componentes del suelo.

Algunas de las razones para adoptar el uso de imágenes satelitales:

- Escala de trabajo.
- Extensas superficies de cubrimiento.
- La necesidad de mantener la información geográfica actualizada.
- Condiciones climáticas.

En este tema se ha desarrollado una propuesta para generar espacio cartas de cobertura de suelo, por parte del ingeniero físico Edwin Córdoba en su trabajo de conclusión de pregrado titulado: "Determinación de la cobertura del suelo de la zona costera de la Bahía de Tumaco a partir de firmas espectrales obtenidas de imágenes satelitales"

En dicho trabajo se desarrolla el procesamiento digital de imágenes de mediana resolución espacial LANDSAT-7 ETM+ que ofrece buena cobertura y calidad de información, con el propósito de realizar estudios de fenómenos físicos involucrados en la región. Aquí cada cobertura (suelo descubierto, pinos, pastos, arena, cuerpos de agua) tiene un comportamiento espectral diferente, cada una presenta una curva de porcentajes de reflectancia Vs longitud de onda λ (μm).

4.4.4.1 CARACTERÍSTICAS ORBITALES DE LA PLATAFORMA LANDSAT – 7

La versión 7 del sistema satelital Landsat fue puesto en órbita en junio de 1999 con unas dimensiones de 4,07 m x 2,08 m y un peso aproximado de 2126 Kg. Su operación es administrada por la NASA (National Space and Space Administration) y la producción y comercialización de imágenes depende de la USGS (United States Geological Survey).

La órbita es heliocéntrica, es decir que pasa por el mismo lugar a la misma hora a una altura de 705 Km con una resolución temporal de 16 días y ligeramente inclinado a 98,9°. El satélite cruza el ecuador de norte a sur entre las 10:00 AM y las 10:15 AM a una rapidez de 7.5 Km/s con un tiempo aproximado de 99 minutos por órbita. El sistema realiza 14 órbitas por día,

cubriendo la tierra entre las latitudes 81° y -81°. El tamaño de la escena es de 183 Km x 170 Km.

El sensor ETM+ es una mejora del TM empleado por la serie Landsat con la adición de una banda pancromática, dos rangos de ganancia, una mejor resolución espacial en la banda térmica y la inclusión de dos calibradores solares. El ETM+ posee ocho bandas que pueden obtener imágenes de alta resolución de la superficie terrestre, la resolución espacial es de 30 m en multiespectral y 15 m pancromática.

Las imágenes de satélite con sus características sinópticas, multiespectrales y multitemporales, son una de las fuentes de información más importantes en este tipo de estudios, que permiten un verdadero control del suelo y la interpretación de resultados, clasificando los fenómenos involucrados, a través de la manipulación de datos digitales. La secuencia metodológica se presenta a continuación:

Selección y Caracterización de la Imagen Satelital: aquí debe tenerse en cuenta el área de trabajo para determinar la resolución de la imagen, el tipo de información que se desea extraer y la disponibilidad o cobertura sobre el área de interés.

El sistema satelital Landsat – 7 EMT+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) es usado comunmente para determinar coberturas gracias a su amplio cubrimiento y fácil consecución, así muchos trabajos en donde se han empleado este tipo de imágenes han sido orientados a la generación de mapas, identificación y clasificación de distintas hábitat y biomásas.

Análisis Visual y Realces: El análisis visual se implementa como apoyo a la clasificación digital para evitar confusiones entre coberturas heterogéneas, o aquellas que son similares espectralmente pero de distinto significado temático, sirve además para delimitar correctamente las coberturas en zonas donde se presentan fuertes concentraciones de nubes impidiendo que la clasificación automática seleccione correctamente las clases correspondientes.

El análisis visual se hace empleando tres bandas del sensor coincidiendo con la capacidad del monitor (RGB, rojo, verde, azul por sus siglas en inglés) empleado para la presentación de datos. Los monitores poseen tres cañones RGB, con los que, por combinación de estos tres colores se construye el resto de colores. Empleando estos tres colores se tiene la posibilidad de enviar cada una de las bandas de la imagen, combinándose en la pantalla, generando nuevos colores y tonos los cuales dan información de cada componente de la imagen. Un ejemplo de las composiciones que pueden realizarse, es el siguiente:

Combinación en color natural 321 (rojo, verde, azul), las bandas del visible sirven para analizar aguas poco profundas.

Combinación en falso color 453 (Infrarrojo cercano, infrarrojo medio bajo, rojo), esta combinación permite distinguir varios tipos de vegetación gracias a que combina las bandas del infrarrojo cercano, medio en donde esta cobertura tiene teóricamente su porcentaje de reflectancia más alto.

Igualmente es posible realizar procedimientos de manipulación de contraste y manipulación de las características espectrales, con la finalidad de resaltar detalles de la imagen y de mejorarlos para su análisis.

Clasificación Digital: uno de los métodos más utilizados para generar cartografía es la clasificación digital, aquí la imagen multibanda se convierte en otra imagen, del mismo tamaño y características de la original con la salvedad de que cada pixel no tiene relación con la radiancia (o ND comúnmente) sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría a ese pixel.

Se recomienda en algunos casos realizar dos tipos de clasificación; clasificación no supervisada y supervisada con el objetivo de confrontarlas y determinar los mejores resultados. El método no supervisado asigna los píxeles de la imagen a diferentes clases con base a sus niveles digitales. El método supervisado parte de cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirida por experiencia previa o por trabajo de campo en donde debe disponerse de información cartográfica, para desarrollar firmas paramétricas y no paramétricas que contengan información estadística (las primeras) que permitan evaluar la pertenencia o no de las muestras tomadas a cada una de sus clases, y de esta manera implementar filtros que permitan una correcta clasificación.

Es necesario agregar que dependiendo del tratamiento se pueden obtener resultados como:

- Estudios muestran que el canal 1 (azul) de las imágenes Landsat es usado para el análisis de materia suspendida sobre el agua. A través de la combinación de bandas (321) es posible identificar aguas turbias compuestas por sedimentos (la turbidez aumenta la reflectividad en todas las bandas del visible).
- La vegetación de tipo boscosa aparece en color verde.
- Una combinación como por ejemplo 453, realza con gran detalle el límite entre el agua y tierra. Esta composición también realza las diferencias de humedad en el suelo y puede usarse para el análisis de la misma, en suelos y vegetación.

Diferentes tonos representan diferencias entre coberturas identificándose por ejemplo; bosques, bosques de colina, manglares, pastos y potreros, etc.

Es importante analizar en cuál de las bandas se identifican mejor los rangos y comportamientos, también es posible hacer combinaciones entre ellas.

Para la implementación de este método se deben tener en cuenta las condiciones medioambientales de la zona de interés. Para estudios de cualquier tipo se requiere realizar correcciones atmosféricas a las imágenes satelitales si hay un alto cubrimiento por nubes por ejemplo.

Con el método descrito aquí, es posible desarrollar espacio cartas de cobertura del suelo a mediana escala (1:10000 y 1:5000).

4.4.5 USO DE LA FOTOGRAMETRÍA EN CARTOGRAFÍA

Otro método práctico para identificación de cobertura y caracterización de las zonas es el de la fotogrametría, que es la ciencia de establecer medidas precisas y crear mapas detallados a partir de las imágenes aéreas.

El reconocimiento aéreo se ha hecho muy valioso para el levantamiento de mapas, la agricultura, los estudios del medio ambiente y las operaciones militares, a través de esta herramienta los científicos pueden analizar efectos de la erosión del suelo, observar el crecimiento de los bosques, gestionar cosechas o ayudar a la planificación del crecimiento de las ciudades.

Muchos mapas topográficos se realizan gracias a la fotogrametría aérea, utilizan pares estereoscópicos de fotografías tomadas en levantamientos y, más recientemente, desde satélites artificiales como los spot. En las fotografías deben aparecer las medidas horizontales y verticales del terreno. Estas fotografías se restituyen en modelos tridimensionales para preparar la realización de un mapa a escala. Se requieren cámaras adecuadas y equipos de trazado de mapas muy precisos para representar la verdadera posición de los elementos naturales y humanos, y para mostrar las alturas exactas de todos los puntos del área que abarcará el mapa. De esta manera es posible obtener detalles aplicando el principio de visión estereoscópica, que es la visión natural del ojo humano.

Para desarrollar cartografía aérea se utilizan cámaras aerofotográficas, que deben ser muy precisas, de ciclo corto, lente rápido, obturador eficiente y gran capacidad de almacenamiento.

Las aerofotos logradas con cámara unilentes de cuadro se clasifican como verticales (que son tomadas estando el eje de la cámara vertical hacia abajo, o lo más verticalmente posible), y oblicuas (tomadas estando el eje intencionalmente inclinado en cierto ángulo con respecto a la vertical). Las fotografías oblicuas se clasifican además en altas, si el horizonte aparece en la foto o bajas si no aparece.

Las fotos verticales son el modo principal de poseer imágenes para el trabajo fotogramétrico. Las fotos oblicuas rara vez se utilizan en cartografía o en aplicaciones métricas, pero son útiles en trabajos de interpretación y reconocimiento.

Es importante conocer y determinar parámetros como:

- La escala en aerofotos verticales.
- Desplazamiento por relieve.
- Altura de vuelo para una foto vertical, este parámetro es importante en la resolución de ecuaciones fotogramétricas básicas.

Para cálculos aproximados, las alturas de vuelo se pueden tomar de lecturas altimétricas, si se dispone de éstas y el paralaje estereoscópico, que se define como el desplazamiento aparente de la posición de un objeto con respecto a un marco de referencia debido a un corrimiento en el

punto de observación.

Es posible implementar aviones dirigidos por radiocontrol para aplicaciones en fotogrametría, pues podría manejarse en cierta forma la correspondencia entre ejes fotográficos y ejes del terreno, así como las escalas pues se conocen parámetros como la velocidad y el tiempo de vuelo para determinar las distancias recorridas.

En el programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca se orienta una materia electiva llamada Diseño de Aeronaves, aquí, los estudiantes han logrado construir prototipos de aeronaves no tripuladas, bajo la orientación del ingeniero Mario Andrés Córdoba. Las características para estos aviones las especifica el ingeniero con los siguientes datos:

- 8 horas de autonomía de vuelo.
- La altura máxima alcanzada es de 7000 a 8000 pies.
- No debe someterse a velocidades del viento superiores a 10 nudos.
- Consumo de combustible es de 1,8 L por hora de vuelo.
- La velocidad depende del diseño pero en promedio podría hablarse de 80 a 100 Km por hora.

Según el peso de la cámara que deba transportar el avión se realiza el diseño del mismo y de este diseño dependerá la velocidad con que se desplace. Con este es posible recorrer trayectorias definidas que correspondan con las líneas de vuelo establecidas para el estudio del terreno, solo debe garantizarse espacio para el despegue y aterrizaje.

Con las propuestas descritas anteriormente, se puede pensar en integrar varios dispositivos de medida en una unidad de lectura y almacenamiento electrónica para facilitar la recolección de datos en trabajos de campo, por ejemplo; es posible tomar y almacenar datos de oxígeno disuelto, temperatura, PH, sólidos suspendidos y turbidez en el agua y datos sobre la calidad del aire. Además de los métodos para la cartografía.

REFERENCIAS

- [1] Montenegro G., H. Interpretación de las propiedades Físicas del Suelo (Textura, Estructura, Densidad, Aireación, etc.) En: Seminario-Taller "Fundamentos para la interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá D.C. 1991.
- [2] Fase de Diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (Pomch) del Río Páez, Sector Huila Contrato 104 de 2008 – CAM – Corporación ANP. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, Corporación Áreas Naturales Protegidas – ANP. La Plata, Huila. 2009.
- [3] Oades, J. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. Plant and Soil. 1984.
- [4] F. Calderón Sáenz. La Estabilidad Estructural del Suelo. Dr. Calderón Laboratorios Ltda. Bogotá. 2008.
- [5] Jones, C.A. Effect of Soil Texture on Critical Bulk Density for Root Growth. Soil Science Society of America Journal. 1983.
- [6] http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap16.pdf
- [7] D. L. Alegría Campo, F. D. Orozco Sánchez. Implementación de un Fotómetro Solar para la Caracterización Óptica de Aerosoles Atmosféricos. Universidad del Cauca. Popayán 2007.
- [8] D. A. León Blanco. Análisis Comparativo de la Medición de Concentración de Sedimentos Suspendidos Utilizando Instrumentos Ópticos (OBS-3A) y Acústicos (ADCP) en la Bahía de Tumaco – Delta del Río Mira. Universidad del Cauca. Popayán 2008.
- [9] Creed, Pence, Rankin. 2001. Inter Comparison of Turbidity and Sediment Concentration Measurement from and ADCP, an OBS – 3, and a Lisst. New Jersey. Department of Environmental Protection. 2001.
- [10] E. Olsen. Métodos Ópticos de Análisis. Editorial Reverté S.A. Barcelona. 1986.
- [11] E. H. Córdoba Aguilar. Determinación de la Cobertura del Suelo de la Zona Costera de la Bahía de Tumaco a Partir de Firmas Espectrales Obtenidas de Imágenes Satelitales. Universidad del Cauca. Popayán 2006.
- [12] J. L. Castillo T. Fotogrametría y fotointerpretación. 2010.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El corregimiento de Itaibe lugar de ubicación del proyecto minero de interés pertenece políticamente al municipio de Páez que a su vez hace parte de la región conocida como Tierradentro, pero geográfica y geológicamente este corregimiento está en la cuenca del Alto Magdalena. En este territorio hay un fuerte contraste cultural pues allí conviven grupos afrocolombianos, tres comunidades indígenas y campesinos.

Las comunidades indígenas son reasentamientos que proceden del resguardo de Vitoncó reubicados tras el desastre producido por la avalancha del río Páez en 1994, quienes tuvieron que determinar una serie de acciones para poder preservar sus costumbres en el nuevo entorno. Dentro de estas acciones está la de crear una institución educativa que les permitiera continuar con su modelo de educación (pedagogía comunitaria) y la adquisición de tres títulos mineros sobre yacimientos de roca fosfórica para no ver su nuevo territorio intervenido por multinacionales. Estas acciones causaron enfrentamientos con la comunidad ya presente en el corregimiento.

Según los estudios anteriores, realizados en el lugar por el geólogo Raúl Ordoñez Aragón, la roca fosfórica existente presenta buenas características de uso con tenores superiores al 20% de P_2O_5 y demuestra buen rendimiento en la fabricación de fósforo elemental.

En Colombia existen importantes yacimientos de roca fosfórica (15 áreas ubicadas en las cordilleras central y oriental). La mayor parte de la producción es destinada para la preparación de fertilizantes para el mercado interno y algunos para el externo. La producción total no alcanza a satisfacer la demanda interna por lo que se importa anualmente un volumen significativo de compuestos de fósforo.

Dentro de las características físicas determinadas en el lugar, es posible decir que la topografía del área de interés es plana en las terrazas aluviales que bordean el río Páez, y moderadamente montañosa al norte hasta llegar al borde de la Cordillera Central. La zona está a elevaciones entre 860 y 1400 msnm. Presenta un clima cálido relativamente seco propio del Alto Magdalena.

En cuanto a la información climatológica reunida, se puede afirmar que el régimen de lluvias del lugar es bimodal. De acuerdo con los datos de precipitación, se encontró que los meses de julio, agosto y septiembre, son los más secos del año en toda la región y el promedio de lluvias para el lugar es aproximadamente 150 mm. El área presenta una temperatura promedio de 22.8 °C. La evaporación es de 98,6 mms. La humedad relativa es de 78,2 %. El valor máximo registrado para la velocidad del viento fue de 2,9 km por hora. En el lugar no se presentan fuentes considerables de contaminación del aire ni fijas ni móviles.

El modelamiento para cuenca del río Páez desarrollado por la Unidad de Parques Nacionales

Naturales utilizando la aplicación Swat, se ajusta medianamente a las condiciones reales de dicha cuenca, ya que solo se ha podido calibrar hasta en un 80% en algunas áreas y tan solo el 57% en otras. En algunas subcuencas los valores que arroja el modelo están muy distantes de las medidas reales, debido a que solo la parte baja de la cuenca está instrumentada. La razón por la que dicha cuenca no está debidamente instrumentada, radica en que las estaciones de la parte alta han sido destruidas por las continuas avalanchas que ha tenido este río.

La falta de presupuesto ha impedido realizar estudios precisos en el tema de suelos por parte de la Unidad Surandina de Parques Naturales Nacionales. Estos estudios son necesarios para una correcta caracterización de la cuenca del río Páez. El conocimiento sobre la cuenca se requiere para la planeación de distritos de riego y macrocultivos, pero principalmente para identificar el comportamiento y aprovechamiento de misma, pues es de gran importancia porque cubre todos los climas.

El informe desarrollado por CRC, para el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico sobre la subcuenca del río Negro de Narváez, contiene información sobre los vertimientos que se hacen sobre la corriente principal o sobre el río Chiquito, más no se informa de otras características, como por ejemplo, cantidad y caracterización de dichos vertimientos (toma y análisis de muestras). Esto se debe a las características que presenta la zona (difícil acceso) y el traslado de las muestras al laboratorio para su análisis.

El área en general, presenta un periodo más seco de dos meses (julio y agosto). Se debe tener en cuenta esta condición para planificar de una mejor manera el acceso y la demanda del recurso hídrico, especialmente en las dos principales actividades consuntivas presentes en la zona (demanda doméstica y agropecuaria), para garantizar el acceso permanente al agua sin afectar de manera significativa los requerimientos naturales y ecosistémicos del recurso en la subcuenca.

A través del estudio realizado por CRC en 2008, se determinó que el perfil de la calidad del agua sobre el río Negro de Narváez en la zona, es regular y en el presente estudio (las muestras fueron tomadas en el año 2011) se obtuvo el mismo perfil para esta corriente y para dos más presentes en el lugar.

En cuanto a coberturas vegetales, actualmente el municipio de Páez sigue siendo intervenido en sus áreas forestales y no de manera técnica que asegure recurso para el futuro. La presión sobre los recursos es grande, y de igual manera la presión por la ampliación de la frontera agropecuaria, se hace sentir hasta en la zona de protección del Parque Nevado del Huila.

Las coberturas presentes en el lugar de estudio son; bosque, rastrojo alto y bajo, pastos y cultivos.

En lo que corresponde a la caracterización del suelo, se evidencia una fuerte erosión en buena parte del área de interés, pues las actividades de labranza se están desarrollando sobre el horizonte A y prácticamente ha desaparecido la capa de materia orgánica.

El grupo textural franco arcilloso arenoso ocupa la mayor extensión del área de estudio. Por consiguiente el suelo de esta área no tiene una textura adecuadamente balanceada bajo ninguna de las coberturas. La más cercana a reunir las condiciones ideales es el área que está cubierta con bosque (tiene el valor más alto de limos, cercano al valor mínimo aconsejado, un nivel adecuado de arena pero se excede un poco en arcilla).

Estos suelos tienen estructura poco desarrollada o no la hay, debido al bajo aporte de materia orgánica y a los contenidos importantes de arena, en profundidad carecen de estructura y en las colinas y zonas altas no presentan estructura (masiva) por el intenso manejo de los suelos.

En cuanto a su consistencia, en general, debido al laboreo y pisoteo de ganado, algunos suelos presentan un grado de compactación. El tamaño de los agregados varía para cada cobertura, presentando mayor estabilidad en las coberturas de bosque y rastrojo alto y bajo, tal vez se deba a que estas coberturas llevan muchos años y no han sido intervenidas.

Los valores de densidad aparente no son tan apropiados para los cultivos tradicionales en esta región. Se tiene un suelo moderadamente ácido para las zonas con cultivos, suelo alcalino para las áreas con bosque y rastrojo alto y bajo, y un PH adecuado para las coberturas de pastos y vegetación natural arbustiva.

Se clasificaron las afectaciones a los parámetros físicos del lugar en la matriz de afectaciones expuesta en el capítulo IV.

Es de tener en cuenta que la carencia de información sobre el uso y manejo del suelo, cantidad, tipo y calidad de los bosques y situación meteorológica, siguen siendo una limitante para la planeación territorial y la toma de decisiones. Por esta razón, se desarrolló una propuesta que permita el monitoreo de las variables físicas en lugares remotos, analizando la posibilidad y costo de instalar una estación meteorológica como tal y adicionalmente, el uso de otros instrumentos para medición de turbidez, sólidos suspendidos y coberturas en los sitios de interés.

En el tema de coberturas vegetales, el uso de imágenes satelitales hace posible aprovechar herramientas como el análisis visual y los realces radiométricos que permiten determinar coberturas y pueden usarse como complemento a la información cartográfica disponible para la clasificación.

En conclusión, fue posible reunir la información suficiente para construir un mapa físico de la zona nororiental del corregimiento de Itaibe, que permite identificar aspectos de línea base principalmente en el componente físico, y con ello contribuir en el desarrollo del proyecto minero de la comunidad indígena de Piçkwe Tha Fiw, brindando apoyo a estas iniciativas de aprovechamiento de los recursos naturales pero protegiendo en la mejor medida su territorio.

El desarrollo de este proyecto minero contribuiría a mejorar la calidad de vida de los habitantes de este sector, pues tienen una gran necesidad en temas de vías, nutrición, agua potable, vivienda y educación. Pero debe hacerse una buena planeación en cuanto a mitigar efectos

nocivos para el medio ambiente, y además porque en el lugar se han identificado cerca de cuatro sitios sagrados para la comunidad Páez y tres de interés arqueológico.

Es necesario establecer estrategias de operación y apoyo a las comunidades de los lugares en donde existen extracciones mineras debido a que en muchas situaciones no hay una buena planeación para que el impacto social y ambiental no sea negativo, de igual manera para impulsar iniciativas de algunas de estas comunidades en aprovechar los recursos existentes en sus territorios.

El trabajo desarrollado en este proyecto, fue una buena oportunidad para adquirir experiencia en el tema ambiental y minero, por lo que continuo apoyando a comunidades indígenas del departamento del Cauca a través de su organización CRIC en los temas mencionados anteriormente, así que pueda resolverse de la mejor manera la disyuntiva entre el aprovechamiento de los recursos naturales y la protección al territorio.