

# FORMULACIÓN **POMCA** RÍO MIRA

Plan de Ordenación y Manejo  
de la Cuenca Hidrográfica



## FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO MIRA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO

### DESARROLLO DE LA FASE DE DIAGNOSTICO

#### Componente Geológico





Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	7
1. OBJETIVOS .....	8
2. LOCALIZACION .....	9
3. GEOLOGÍA .....	10
3.1. Mapa de Geología básica con fines de ordenación de cuencas hidrográficas 10	
3.1.1. Generalidades del área .....	11
3.1.2. Marco Geológico Regional .....	11
3.1.3. Litoestratigrafía .....	12
3.1.4. Geología Estructural .....	15
3.1.5. Densidad de Fracturamiento .....	17
3.1.6. Evolución Geológica .....	17
3.2. Mapa de Geología para Ingeniería (UGS).....	19
3.2.1. Nomenclatura .....	22
3.2.2. Delimitación de las UGS preliminares en la cartografía básica .....	22
3.2.3. Unidades Geológicas Superficiales Cuenca del Rio Mira.....	24
4. GEOMORFOLOGIA .....	25
4.1. Metodología .....	25
4.2. Mapa de unidades geomorfológicas, Zinck (2012).....	26
4.2.1. Memoria Explicativa De Unidades Geomorfológicas, Zinck (2012). ...	26
4.3. Mapa de unidades geomorfológicas, Carvajal (2011). .....	41
4.3.1. Memoria explicativa de unidades geomorfológicas, Carvajal (2011). 41	
5. Pendientes .....	47
5.1. Metodología .....	47
5.1.1. Elaboración De Mapa De Pendientes Con Apoyo Del Programa Arc Gis. 47	
5.2. Mapa de pendientes.....	50
5.3. Memoria explicativa (análisis de pendientes en porcentaje y en grados teniendo en cuenta los rangos de pendientes establecidos por el IGAC) .....	51



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

6.	Hidrogeología .....	52
6.1.	Identificación De Unidades Geológicas Que Conforman Acuíferos En La Cuenca. 52	
6.2.	Definición de Zona de Acuífero. ....	54
6.3.	EQUIPO DE REGISTRO.....	56
6.4.	RESULTADOS.....	57
6.4.1.	Resultados SEV1.....	57
6.4.2.	Resultados SEV2.....	60
6.4.3.	Resultados SEV3.....	62
6.4.4.	Resultados SEV4.....	64
6.4.5.	Resultados SEV5.....	66
6.4.6.	Resultados SEV6.....	68
6.4.7.	Resultados SEV7.....	70
6.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72
6.5.1.	Sondeo Eléctrico Vertical – SEV 01.....	72
6.5.2.	Sondeo Eléctrico Vertical – SEV 02.....	74
6.5.3.	Sondeo Eléctrico Vertical – SEV 03.....	75
6.5.4.	Sondeo Eléctrico Vertical – SEV 04.....	76
6.5.5.	Sondeo Eléctrico Vertical – SEV 05.....	78
6.5.6.	Sondeo Eléctrico Vertical – SEV 06.....	79
6.5.7.	Sondeo Eléctrico Vertical – SEV 07.....	80
6.6.	PERFILES DE RESISTIVIDAD .....	82
6.6.1.	Perfil 1,2,5 .....	82
6.6.2.	Perfil 4,6,7 .....	84
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	86
7.1.1.	Métodos empíricos para la determinación de las zonas de recarga. .	89
1.2.	Potencial hidrogeológico de la cuenca .....	93
8.	BIBLIOGRAFIA .....	94

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa División Político Administrativa.....	9
Figura 2. Mapa Unidad Geologica.....	19
Figura 3. Mapa Unidad Geologica Superficial. ....	25
Figura 4. Plano Geomorfología cuenca del Rio Mira.....	47
Figura 5. Arctoolbox > spatial analyst tools > surface > slope.....	48
Figura 6. Capa raster de pendientes sin reclasificar .....	49
Figura 7. Pendientes, producto de homogenizacion, con areas desresiables de 0.4 has. .....	50
Figura 8. Mapa de pendientes, cuenca del río Mira .....	50
Figura 9. Provincia Hidrogeológica de Tumaco (Estudio Nacional del Agua. IDEAM 2010) .....	54
Figura 10. Modelo hidrogeológico básico de la provincia de Tumaco (Estudio Nacional del Agua. IDEAM 2010) .....	55
Figura 11. Equipo de adquisición de datos de resistividad eléctrica. Subreme DC600..	56
Figura 12. Vista en planta ubicación SEV 1. ....	57
Figura 13. Registro fotográfico SEV1 .....	58
Figura 14. Curva de resistividades aparentes SEV1. ....	59
Figura 15. Vista en planta ubicación SEV 2. ....	60
Figura 16. Registro fotográfico SEV2. ....	60
Figura 17. Curva de resistividades aparentes SEV2. ....	61
Figura 18. Vista en planta ubicación SEV 3. ....	62
Figura 19. Registro fotográfico SEV3. ....	62
Figura 20. Curva de resistividades aparentes SEV3. ....	63
Figura 21. Vista en planta ubicación SEV 4. ....	64
Figura 22. Registro fotográfico SEV4 .....	64
Figura 23. Curva de resistividades aparentes SEV4 .....	65
Figura 24. Vista en planta ubicación SEV 5. ....	66
Figura 25. Registro fotográfico SEV5. ....	66
Figura 26. Curva de resistividades aparentes SEV5. ....	67
Figura 27. Vista en planta ubicación SEV 6. ....	68
Figura 28. Registro fotográfico SEV6. ....	68
Figura 29. Curva de resistividades aparentes SEV6. ....	69
Figura 30. Vista en planta ubicación SEV 7. ....	70
Figura 31. Registro fotográfico SEV7 .....	70
Figura 32. Curva de resistividades aparentes SEV7. ....	71
Figura 33. Inversión del EI SEV 01.....	73
Figura 34. Inversión del EI SEV 02.....	74
Figura 35. Inversión del EI SEV 03.....	75
Figura 36. Inversión del EI SEV 04.....	77
Figura 37. Inversión del EI SEV 05.....	78
Figura 38. Inversión del EI SEV 06.....	79
Figura 39. Inversión del EI SEV 07.....	81



Figura 40. Perfil construido mediante los SEV's 3,1,2 y 5, proyectados a la línea fucsia. .....	82
Figura 41. Perfil construido con los SEV's 3,1,2 y 5, en la parte superior se muestra la seudo sección de resistividad aparente, mientras que, en la parte inferior la sección de resistividad real .....	83
Figura 42. Perfil construido con los SEV's 3,1,2 y 5 delimitado por zonas geoeléctricas .....	83
Figura 43. Perfil construido con los SEV's 4,6 y 7, en la parte superior se muestra la seudo sección de resistividad aparente, mientras que, en la parte inferior la sección de resistividad real .....	84
Figura 44. Perfil construido con los 4,6 y 7 delimitado por zonas geoeléctricas.....	85
Figura 45. SEVs 5, 2, 1 y 3.....	86
Figura 46. SEVs 4, 6 y 7 .....	87
Figura 47. Mapa de pluviosidad media anual en mm/año .....	90
Figura 48. Mapa de recarga hídrica según formula de Cheeturvedi (Shiha y Sharman, 1988) .....	90
Figura 49. Mapa de recarga hídrica según formula de Sehegal (1973). .....	91

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de materiales de acuerdo a su origen .....	20
Tabla 2. Caracterización de las unidades de suelo y roca, con énfasis en UGS...	23
Tabla 3. Unidades Geológicas Superficiales cuenca del río Mira.....	24
Tabla 4. Geoformas estructurales (Zinck 1988) .....	34
Tabla 5. Geoformas Volcanicas (Zinck 1988).....	35
Tabla 6. Geoformas Carsticas (Zinck 1988).....	36
Tabla 7. Geoformas Glaciares (Zinck 1988).....	37
Tabla 8. Geoformas Periglaciares (Zinck 1988) .....	37
Tabla 9. Geoformas eólicas (Zinck 1988).....	38
Tabla 10. Geoformas Aluviales y coluviales (Zinck 1988) .....	38
Tabla 11. Geoformas de gravedad y movimientos en masa (Zinck 1988) .....	39
Tabla 12. Geoformas Costeras (Litorales)(Zinck 1988).....	40
Tabla 13. Visión de la jerarquización geomorfológica (Carvajal 2011).....	46
Tabla 14. Rangos de pendientes IGAC.....	51
Tabla 15. Registro de datos para SEV 1. ....	59
Tabla 16. Registro de datos para SEV 2. ....	61
Tabla 17. Registro de datos para SEV 3. ....	63
Tabla 18. Registro de datos para SEV 4. ....	65
Tabla 19. Registro de datos para SEV 5. ....	67
Tabla 20. Registro de datos para SEV .....	69
Tabla 21. Registro de datos para SEV 7. ....	71
Tabla 22. Principales parámetros de cada SEV .....	72
Tabla 23. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 01. ....	73
Tabla 24. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 02. ....	75
Tabla 25. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 03. ....	76
Tabla 26. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 04. ....	77
Tabla 27. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 05. ....	79
Tabla 28. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 06. ....	80
Tabla 29. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 07. ....	81



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

## INTRODUCCIÓN

Se busca con este proyecto aportar para la construcción de los escenarios que sirven de base para formular el Plan de ordenamiento, escenarios planteados desde lo técnico, desde la participación de los actores y con las soluciones a problemas y a conflictos encontrados con base en el análisis de la sustentabilidad del recurso hídrico en la cuenca. Se muestran a continuación la información base referente a Geología, Geomorfología, Pendientes e hidrogeología, que harán parte de la información de base para el diagnóstico de gestión del riesgo.

La información de los componentes geológico, geomorfológico e hidrogeológico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Mira se realizó a partir de la información disponible en diferentes entidades, tales como universidades, IDEAM, IGAC, Servicio Geológico Colombiano, CORPONARIÑO, entre otras, y corroboradas con la fase de campo.

Con este trabajo se pretende generar la cartografía de las unidades geológicas presentes en la zona de estudio a escala 1:25.000, para así lograr la caracterización e identificación de las unidades geológicas para ingeniería UGS; para lograr esto se deberá adelantar un análisis de laboratorio de muestras geológicas superficiales para determinar las condiciones semejantes que estas presenten para definir las unidades correspondientes, así también se tendrá en cuenta las unidades geomorfológicas existentes y la clasificación de las pendientes, todo esto encaminado a fortalecer la información base para la gestión del riesgo en el área de interés.

Por otra parte, se tendrá en cuenta el análisis hidrogeológico de la zona, la fase prospectiva se constituye entonces, en la visión futura de la dinámica hídrica, teniendo en cuenta ecosistemas y servicios que deban ser mantenidos para el manejo equilibrado de la cuenca. El análisis hidrogeológico se hizo con el fin de identificar y caracterizar las unidades geológicas que componen los sistemas acuíferos en la Cuenca del río Mira, se hará una evaluación hidrogeológica, basada en la información presentada en el capítulo de Geología, y en la información geofísica y de inventarios de puntos de agua subterránea disponible.



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar unidades geológicas y geomorfológicas, para analizar los procesos morfodinámicos que permitan establecer las amenazas de origen natural, la susceptibilidad de las geoformas y los procesos erosivos presentes en el área, así también la caracterización de las unidades hidrogeológicas y potenciales del recurso hídrico Subterráneo, oferta hídrica, calidad del agua dentro de la cuenca hídrica en estudio.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización geológica de la cuenca del río Mira.
- Realizar el mapa y la leyenda geológica en escala requerida de acuerdo al desarrollo temático que requiera la información.
- Caracterización geomorfológica de la cuenca del río Mira.
- Realizar el mapa y la leyenda geomorfológica en escala 1:25.000.
- Realizar el mapa de pendientes y su respectiva caracterización teniendo en cuenta los rangos de pendientes establecidos por el IGAC.
- Realizar documento técnico con el análisis hidrogeológico del área que comprende la cuenca del río Mira.
- Realizar el mapa hidrogeológico en escala requerida.
- Definir los usos actuales y usos potenciales de las aguas subterráneas presentes en el área de la cuenca.
- Estimar la oferta hídrica subterránea y la calidad de las aguas en el área de la cuenca del río Mira.
- Generar en lo posible resultados del análisis de vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas.
- Generar el informe técnico con los resultados de la identificación, caracterización y el estado de conservación de las zonas de recarga, humedales, perímetros de protección de pozos de abastecimiento humano y de zonas con mayor vulnerabilidad a la contaminación.



## 2. LOCALIZACIÓN

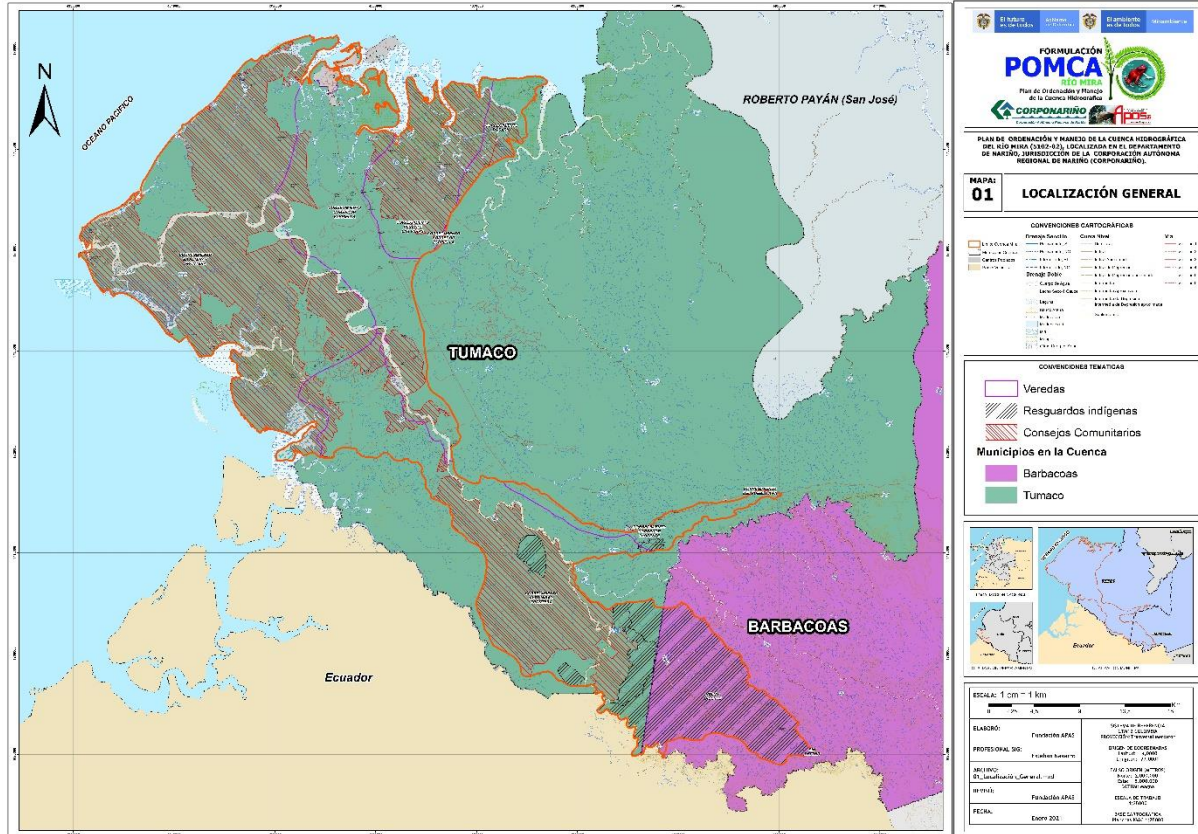


Figura 1. Mapa División Político Administrativa

La cuenca del río Mira se localiza al Suroeste del departamento de Nariño, se ubica dentro de las coordenadas **Noroeste X: 4331044,7548 Y: 1739852,838; Noreste X: 4376879,7636 Y: 1756533,5139; Sureste X: 4403626,8594 Y: 1690434,0672 y Suroeste X: 4370381,4097 Y: 1703700,3324**; y cuenta con una extensión de **152.189,17 Hectáreas** y se compone por los municipios de Tumaco y Barbacoas de acuerdo a la siguiente distribución espacial.

La cuenca limita al **Norte y Noroeste** con el Océano Pacífico, al **Este** limita con la Subzona Hidrográfica del Río Rosario en el municipio de Tumaco, al **Sureste** limita con

la cuenca del **Río Guiza - Alto Mira – NSS**, entre los municipios de Tumaco y Barbacoas, al **Sur** y al **Oeste** Limita con el vecino país del Ecuador.

El área hidrográfica de interés, nace a una altitud cercana a los 675 m.s.n.m. con los drenajes de la quebrada Quejuambí en la zona sureste de la cuenca, en la quebrada Pianulpí a una altitud entre los 300-325 m.s.n.m., y en la zona de confluencia de esta última con el río Güiza a una elevación de 75 m.s.n.m. La desembocadura se configura en zona de depresión del drenaje principal y otras quebradas que determinan el Delta de la unidad hidrográfica hacia el océano Pacífico, conformándose en dicha área, la presencia de cuerpos lénticos de manglares y madre viejas.

### **3. GEOLOGÍA**

#### **3.1. MAPA DE GEOLOGÍA BÁSICA CON FINES DE ORDENACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Para obtener información y poder caracterizar los distintos materiales que componen las unidades de roca, según su origen, formación y evolución, dentro del área que conforma la cuenca hidrográfica del río Mira, se realizó la investigación y verificación de diferentes estudios y documentación técnica, todos alusivos al componente Geológico, comprendiendo las siguientes:

- Plancha y memoria geológicas a escala 1:100.000, desarrollados por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, los cuales se relacionan a continuación:
  - Plancha 407
  - Plancha 407 bis
  - Plancha 408
  - Plancha 427
  
- Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tumaco, 2008-2019.
- Información base suministrada por la dependencia de SISA CORPONARIÑO.



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

La revisión de este conjunto de información otorga un buen punto de partida al momento de conceptualizarse sobre las diferentes unidades geológicas y geoestructurales existentes en la zona de estudio.

Así, la Caracterización Geológica de la Cuenca Hidrográfica del Río Mira a realizar en la Fase de Diagnóstico, concretamente iniciará de la compilación de todos estos datos con su respectivo análisis y, evidentemente su posterior verificación en campo mediante el establecimiento de puntos de control visual, que ayudarán a solventar las diferentes dudas y/o conflictos que puedan existir para obtener los resultados esperados.

### 3.1.1. GENERALIDADES DEL ÁREA

El área de estudio, está ubicada en la región Suroeste del Departamento de Nariño, cubren parte del flanco Oeste de la Cordillera Occidental y parte de la llanura costera del Pacífico, abarcando parte de los municipios de Barbacoas y Tumaco. El área de interés está enmarcada por un polígono que cubre un área de 152189.234 hectáreas encerrando la cuenca hidrográfica del río Mira y por ende las unidades litoestratigráficas que en él se ubican.

### 3.1.2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El Litoral Pacífico Sur colombiano hace parte del terreno suprayacente Atrato – San Juan – Tumaco, definido por Etayo et al. (1986). En la zona de la cuenca del río Mira se presentan una serie de sedimentos que presentan edades desde el Plioceno al reciente. La litología se compone principalmente de depósitos fluvio volcánicos en la parte alta y media de la cuenca, así como una serie de materiales no consolidados en la parte baja de la cuenca y hacia las márgenes del río Mira.

En la zona, predomina un típico ambiente de deposición continental en forma de abanico y llanura fluvial, con fuerte influencia en distintas épocas, de un volcanismo ubicado al Este, en contraste con los sedimentos marinos existentes en la línea costera actual, Isla del Morro – Tumaco. Regionalmente el área de interés se enmarca en una serie de depósitos conformados principalmente por cuatro unidades: formación Mayorquín, Glacis de El Diviso (depósitos fluvio volcánicos), depósitos aluviales recientes de material no



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

consolidado, dispuestos en valles y llanuras aluviales en forma de terrazas, drenados por los ríos Rosario, Mira, Caunapí y Mataje. Además, de sedimentos no consolidados depositados en ambientes marinos y transicionales, a lo largo de la línea de costa, islas de barrera y zonas cubiertas por mangle.

La descripción de las unidades cartografiadas, en este trabajo, se hace de más antiguas a recientes.

### 3.1.3. LITOESTRATIGRAFÍA

#### **Formación Mayorquín (N2mycu)**

La formación Mayorquín fue definida por Aspden & Nivia.(1984) como una secuencia marina de areniscas y lutitas, con estratificación plana, paralela y continua, de tamaño de grano que varía de arena media a arcilla; es común la presencia de bioturbación y fósiles marinos y en ocasiones con horizontes delgados y nódulos calcáreos, cuya sección tipo está localizada en la parte inferior del río Mayorquín (plancha 278 Bahía de Buenaventura).

Esta formación fue subdividida por Nivia en las planchas 361 Bis San Juan de la Costa y 361 Yarumal, en Miembro Casacajal (N2myca) y Miembro Curay (N2mycu). En el área de la cuenca del río mira está presente rocas del Miembro Curay, la estratificación tienden a perder su paralelismo, haciéndose común la estratificación cruzada; consiste en una secuencia de arcillolitas conglomeráticas mal seleccionadas con concreciones calcáreas locales mal cementadas, con contenido fósil de raíces de plantas y presencia de materia carbonosa, que localmente presenta láminas y una coloración rojiza por oxidación y colores blancos por lixiviación.

La presencia de fósiles en la Formación Mayorquín le imprime un carácter marino, nerítico externo (Duque – Caro, 1998 en: Montoya, 2003), donde la abundancia de rocas detríticas sugiere un aporte continuo y abundante de sedimentos terrígenos, lo que implica una erosión muy activa en la fuente de aporte asociada a terrenos jóvenes levantados.

**Edad.** La característica principal, que permite separarlas de la Formación Raposo es la presencia de bivalvos y gasterópodos, asignando una edad de Plioceno (Aspden, 1984).

#### **Depósitos Fluvio Volcánicos (N2Q1fvlg – N2Q1fvld – Q1fvlg)**

Este conjunto de depósitos lo conforman varios abanicos localizados al oeste de la población de Junín que bajaron por el cauce del río Güiza y parecen corresponder a

erupciones caldéricas del Cumbal y Azufral Antiguos y posiblemente la Caldera de Nasate. El grado de incisión de estos depósitos es menor, teniendo en cuenta que, forman un paisaje de planicies incisadas, hasta colinas de topes planos.

Los abanicos se pueden separar por su grado de incisión, siendo el más antiguo el asociado al río Güiza (N2Q1fvlg); la parte distal de estos abanicos (N2Q1fvld) presenta menor incisión debido a su menor altura sobre el nivel de base de los ríos principales, pero se separó por estar compuesto por materiales más finos, en los cuales son escasos los bloques.

El depósito fluvio volcánico denominado La Guayacana (Q1fvlg), es probablemente de edad Pleistoceno debido a su mínima incisión y parece corresponder a flujos generados por una actividad volcánica más reciente, tal vez asociados a erupciones más recientes del Azufral.

### **Cordones Litorales (Q2cl)**

Conjunto de crestas dispuestas paralelamente a la línea de costa actual; los de mejor desarrollo se encuentran en Punta Caribana (Antioquia) y en cercanías de Pizarro (Chocó). Están compuestos por arena o gravas sueltas y pueden hacer parte de las Islas Barrera. Presentan alturas de 0,5 a 1 m y se encuentran espaciadas por artesas de 5 a 50 m de ancho. Indican líneas de costa antiguas. Su edad es muy reciente y algunos de ellos están en formación.

### **Islas Barrera (Q2ib)**

Cuerpos elongados en sentido el límite océano–continente, limitado por bocanas o estuarios y ubicado entre la playa y la laguna interior o estero; de especial desarrollo al sur de Cabo Corrientes, se encuentran separadas de tierra firme por una llanura o pantano de manglar. Varían en amplitud entre 10 y 400 m y su longitud es similar a la de la playa que la precede. El material que las compone es esencialmente arenoso, sin ningún tipo de cohesión, con alto contenido de materia orgánica y su espesor puede alcanzar más de 30 m, como respuesta a las variaciones del nivel del mar provocadas por las mareas.

Como principales rasgos geomorfológicos, presentan cordones litorales de escasa altura y longitud variable. Su formación se ha desarrollado a lo largo del Holoceno.



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

### **Intermareales (Q2m)**

Los depósitos intermareales se encuentran distribuidos a lo largo de toda la Costa Pacífica, y en menor magnitud, sobre la región costera del Caribe bordeando al Golfo de Urabá. Ocupan grandes franjas adyacentes y próximas a la línea de costa que en algunos casos alcanzan amplitudes mayores a 40 kilómetros.

Están constituidos por sedimentos detríticos finos, no consolidados, de arena, limo y arcilla, con alto contenido de materia orgánica. Mineralógicamente predominan el cuarzo y la mica, además de líticos. Presentan un alto contenido de material bioclástico tanto animal como vegetal. Se caracterizan por estar incisados por gran cantidad de esteros y por estar cubiertos de mangle. Todos los depósitos intermareales son de edad reciente y subreciente (Holoceno superior).

### **Terrazas Aluviales (Q2t)**

Depósitos asociados a las antiguas planicies aluviales de los ríos de la región, en particular en las zonas de transición entre las áreas montañosas y el piedemonte asociadas a los ríos principales como el Patía, Telembí, San Juan, Atrato, Micay, Naya y otros. Actualmente se les encuentra formando superficies planas antiguas a muy antiguas, como evidencia de dinámica y actividad de los ríos ancestrales; en otros casos, han sido originadas por incisión o entalle de los ríos y cambios de su curso.

Se componen de material detrítico, de carácter polimíctico, suelto a compacto, mal seleccionados, con granulometría variable y predominio de la fracción gruesa, embebida en una matriz de arena, limo y arcilla. Presentan estratificación gradada, cruzada y lenticular con un espesor que puede alcanzar hasta 30 ó 35 m.

La posición de las terrazas aluviales es discordante sobre las formaciones de edades anteriores. Su edad es principalmente Pleistoceno, aunque algunas con niveles muy altos, presentan compactación de la matriz y podrían corresponder al Plioceno Tardío.

### **Depósitos aluviales (Q2al)**

Los depósitos de los canales actuales representan el aporte detrítico proveniente tanto de la erosión de los suelos, como del material desprendido en las laderas de los valles estrechos y en V que caracterizan las vertientes de los ríos en la cordillera Occidental. Siendo el más extenso y en formación actual el asociado al río Atrato. Carecen de litificación y son de carácter detrítico, polimícticos, no consolidados, mal seleccionados y con clastos de formas redondeadas a aplanadas. Su granulometría es variable, predominando gravas-arenas en los diques y arcillas-limos en los bajos. Son comunes las estratificaciones lenticulares, gradada y cruzada.

Composicionalmente, dominan los clastos de rocas constitutivas de las cordilleras y serranías, tales como ígneas plutónicas (granitos, cuarzodioritas, gabros, monzonitas), volcánicas (basaltos, diabasas y andesitas), sedimentarias y metasedimentarias (chert, limolitas, calizas) y cuarzo en diferentes proporciones, en una matriz de arena gruesa o gravas medias a finas no cohesivas.

La mayor parte de estos depósitos aluviales son del Holoceno y su espesor está en aumento debido a la depositación actual, a lo largo de los canales de flujo y zonas aledañas sometidas a inundaciones periódicas.

### 3.1.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El suroccidente colombiano, región de Tumaco, se enmarca en el contexto de la Placa de Nazca de origen oceánico que penetra por debajo de la Placa Suramericana con una tasa convergente de 8 cm/año (MINESTER y JORDAN, 1976, en C.V.C., 1985). En territorio ecuatoriano, entre las latitudes 1° N y 3° S, la Placa de Nazca se hunde bajo la Placa Suramericana con un ángulo de 35° en dirección 60°SE (PENNINGTON, 1979, en HERT et al., 1981) y una tasa de convergencia de 9 cm/año desde el Mioceno (LONDNSDALE, 1978). Además, en los últimos 3 millones de años, la cordillera submarina de Carnegie de rumbo W – E ha venido colisionando con la fosa, ocasionando el levantamiento de la cuenca de Manabí en el Ecuador. La cuenca de Tumaco es una cuenca de antearco (forearc basin) asociada al sistema de subducción del terciario. Está ubicada entre la Cordillera Occidental y el arco externo acrecionario, el depósito de material fue limitado por dicho arco y se originó en una depresión paralela a la línea de costa ancestral.

La cuenca presenta dos depocentros debido a la existencia de un paleoalto de basamento siendo más profundo el depocentro de la parte terrestre. El paleoalto de basamento separa dos zonas que presentan diferentes estilos estructurales (SUAREZ, 1990):

- Costa adentro, se tiene fallamiento inverso poco intenso y poca deformación
- Costa afuera, el estilo estructural es de fallas extensionales (extensional normal faults) con la mayoría de fallas de ángulo alto y con vergencia al occidente.

Otro estilo estructural presente en ésta cuenca es de estructuras de lodo (shale structures) debido a la presencia de un evento de diapirismo que ocurrió desde el Mioceno Medio hasta el Mioceno Superior. La cuenca de Tumaco presenta un sistema estructural regional N25 – 35°E, pero en la parte axial y occidental el rumbo es N5 – 15°E.

En la región se encuentran algunos pliegues suaves asociados a diapirismo de lodo y fallamiento poco intenso. Costa afuera la cuenca se encuentra altamente tectonizada con plegamientos estrechos, fallas normales y diapirismo de lodo, con una tendencia general N30 – 40°E (OJEDA Y CALIFE, 1987; GARCIA Y PRINCE, 1982).

En la zona de Tumaco se presentan domos y cuencas alargadas, paralelas a la Cordillera Occidental, asociadas a movimientos tectónicos de los Andes hacia el final del Pleistoceno Inferior (VAN der HAMMEN, 1958). Otros rasgos estructurales representan la parte occidental de la Isla del Morro y la Punta Cascajal como restos de un domo alargado, una cuenca tectónica ubicada al Oeste del Río Mejicano y unas fallas denominadas Remolino – El Charco y Tumaco con rumbo N45W que tienen su expresión superficial en los sedimentos del Cuaternario (GOMEZ, 1986).

Las estructuras dómicas que forman una barrera entre el Océano Pacífico y la Cordillera Occidental se encuentran en proceso de hundimiento, al SE del río Patía cerca de la desembocadura del río Telembí, en los escarpes de erosión marina visibles en la Isla del Morro, Tumaco.

Algunas características estructurales regionales mencionadas por Van Es (1975) (Ingeominas, 1982), son las siguientes:

- Domo alargado, cuyo eje coincide con la línea Isla del Morro – Punta Cascajal.
- Estructura profundamente erodada en la región litoral Pacífico.
- Domo alargado entre la riada del río Mejicano y la margen oeste del río Chaguí.
- Sinclinal angosto con tendencia NNE, por donde corre el río Chaguí.
- Comadura del río Telembí, que corresponde al domo más amplio de los reconocidos en la región litoral, aledaña al área de estudio, sus efectos aún son perceptibles en la zona del río Mira, ya que según se manifiesta en el patrón de drenaje actual, su influencia pudo en parte originar la marcada desviación en la dirección al SW del río Guiza.

En la zona litoral se observan tres tipos de lineamientos cuyas direcciones preferenciales son NS, NW y NE.

En la Hoya del río Mira se presentan algunas evidencias de una tectónica activa del cuaternario con estructuras de actividad reciente, tanto en la zona costanera como en la región andina. La existencia de una actividad volcánica asociada a fallas regionales.

En la zona litoral, 3 Km aguas arriba del río Mira, sitio de presa La Honda, se presenta un pliegue anticlinal estrecho con dirección axial N-S en sedimentos recientes con una





Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

abertura de capas plegadas hasta de 20 m, controlado por alineamientos que se proyectan hasta el río Mataje. Además el río Mira a partir del embarcadero denominado El 54 presenta varias islas y una curvatura que coincide con el lineamiento NS.

### 3.1.5. DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO

La cuenca del río Mira principalmente se presenta un dominio de rocas sedimentarias de la formación de origen volcánico, fluvial y mareal; hacia la parte alta de la cuenca se evidencia un conjunto de depósitos lo conforman varios abanicos localizados que bajaron por el cauce del río Güiza y parecen corresponder a erupciones caldéricas del Cumbal y Azufral Antiguos y posiblemente la Caldera de Nasate. El grado de incisión de estos depósitos es menor, teniendo en cuenta que, forman un paisaje de planicies incisadas, hasta colinas de topes planos.

Los depósitos intermareales se encuentran distribuidos a lo largo de toda la Costa Pacífica, ocupan grandes franjas adyacentes y próximas a la línea de costa que en algunos casos alcanzan amplitudes mayores a 40 kilómetros. Están constituidos por sedimentos detríticos finos, no consolidados, de arena, limo y arcilla, con alto contenido de materia orgánica.

En términos generales se puede decir que la cuenca del río Mira tiene un bajo grado de fracturamiento de las unidades de rocas, por cuanto por composición corresponde a rocas de baja a mediana resistencia, que además son depósitos resientes que tienen un bajo grado de compactación.

### 3.1.6. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

La vertiente pacífica de Colombia presenta características que permitirían interpretarla como un arco de islas adosado, durante el Terciario, a la Región Andina, y su evolución se podría resumir así: En un lapso no definido entre el Cretácico tardío y el Eoceno, mar adentro, y en la corteza oceánica, ocurrió una ruptura en dirección NW que dio lugar al cabalgamiento del bloque nororiental con respecto al suroccidental y dio paso a la iniciación de un proceso de subducción.

La placa inferior, o en subducción, se fue sumergiendo lentamente, hasta profundidades de 50 a 60 kms, donde las presiones y las altas temperaturas fueron suficientes para



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

producir fusión parcial de los materiales descendentes, que se acumularon en cámaras de las cuales ascendió el magma, dando origen a un vulcanismo lineal. Los conos volcánicos producto de esos procesos formaron una cadena de islas, similar a las Antillas Menores, o a los numerosos archipiélagos del Pacífico Occidental. Así se generó un arco de islas que se extiende ahora desde Costa Rica hasta el occidente del Ecuador. Dicho arco fue aproximándose tangencialmente a la plataforma que hoy comprende los Andes colombo-venezolanos. De esta manera comenzó a producirse el levantamiento paulatino y la emersión posterior de las grandes unidades integrantes del arco de islas, como son: El arco externo y la zona de mezcla ("mélange") en la Serranía del Baudó; la cuenca intermedia en el Valle del Atrato-San Juan y su continuación en la llanura costera del Valle, Cauca y Nariño; y el arco interno, o arco magmático en la cadena de batolitos y rocas volcánicas que bordean el flanco oeste de la cordillera Occidental. La última representa, en éste modelo, la cuenca de transarco ("backarc-basin"), ahora intensamente plegada.

La sedimentación de la cuenca intermedia cambió gradualmente de un ambiente profundo durante el Eoceno, a aguas más someras en el Oligoceno, condiciones litorales en el Mioceno y, finalmente, sedimentación fluvial y acumulaciones piroclásticas subaéreas. El levantamiento de la cuenca transarco es mucho más reciente y parece ser efecto de la presión ejercida por dos grandes bloques: el del arco de islas y el Andino, con el consecuente plegamiento intenso que caracteriza la cordillera Occidental. Con el progreso de la subducción de la masa occidental (llamada por algunos Placa de Cocos) hacia el oriente, se produjo un avance del frente magmático en el mismo sentido, que causa hoy el vulcanismo de la cordillera Central.

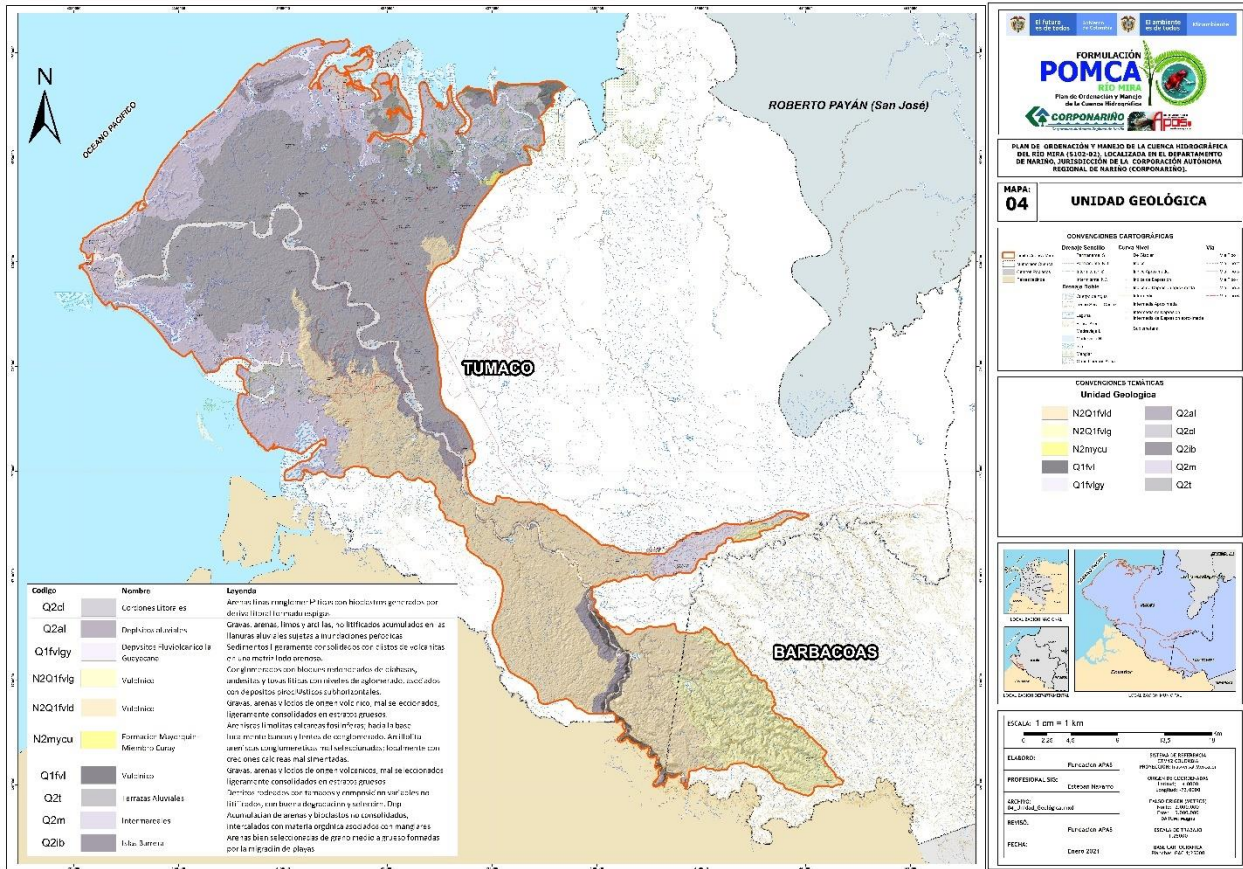


Figura 2. Mapa Unidad Geologica.

### 3.2. MAPA DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA (UGS)

De acuerdo con la guía metodológica para elaboración de mapas de geología para ingeniería del Servicio Geológico Colombiano “un mapa de geología para ingeniería es un tipo de mapa geológico que muestra información sobre la distribución y propiedades físicas y mecánicas de las rocas y los suelos, el agua subterránea, las características del relieve y los procesos geodinámicas actuales, que son considerados los componentes básicos del ambiente geológico, de suma importancia en estudios de geología aplicada a la ingeniería”.

Las UGS permiten diferenciar tres aspectos fundamentales para obtener los modelos que permitan realizar los análisis de estabilidad: 1) diferenciar los materiales aflorantes entre

suelos y rocas, 2) definir los espesores de suelo o las características estructurales del macizo rocoso, y 3) caracterizar los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas.

Es importante hacer una completa recopilación de información secundaria relacionada que contemple la cartografía geológica existente además de información geotécnica en el área de estudio o en zonas aledañas; esto permitirá contar con más información para definir las etapas de exploración del subsuelo, las cuales apoyaran los procesos de zonificación de UGS.

Las UGS representan un alto grado de homogeneidad con respecto a las propiedades geotécnicas básicas, cumpliendo con las características del área y espesores mínimos cartografiables, de acuerdo con la escala de trabajo y con base en la definición de unidades lito estratigráficas. Se clasifican como rocas o suelos a partir de cuatro grandes grupos:

- Rocas.
- Suelos residuales y saprolitos.
- Suelos transportados en cualquier ambiente (depósitos aluviales, de ladera o coluviales, costeros, volcánicos, eólicos y glaciares).
- Suelos antrópicos.

Se propone clasificar los materiales de acuerdo con su origen (tabla 1), donde se modificó a partir de las unidades geológicas superficiales propuestas por Hermelin (1985) y Salazar (1995).

Tabla 1. Clasificación de materiales de acuerdo a su origen

ORIGEN DE DE LA UGS	TIPO DE UGS
Derivadas de Roca in Situ	Roca Inalterada Saprolito Suelo Residual
Depositos Aluviales	Aluviones recientes o de lecho de rio Llanuras aluviales Abanicos o conos aluviales Terrazas aluviales Depositos fluviotorrenciales
Depositos Lacustres y Paludales	Planicie lacustrina, artesa lñagunar, plano anegadizo

Depositos de ladera, de vertiente o culuviales	Coluvines Talus Flujos(de lodo, tierra y escombros) Derrubios de pendiente
Depositos costeros	Deltas, barras, playas, etc.
Depositos volcanicos	Tefras Surges Flujos de piroclastos Ignimbritas Flujos de lodos volcanicos Lahares Cenizas Coladas de lava
Depositos eolicos	Dunas, medanos Locss Cenizas volcanicas
Depositos glaciares	Morrenas y tillitas Fluvioglaciares, valle glaciario, aváncos de lavado
Depositos antropicos	Rellenos sanitarios o de basuras Rellenos de excavaciones Escombreras o botaderos

Fuente: Hermelin 1985 y Salazar 1995.

Con la información recopilada se hizo una identificación preliminar de las unidades con base en su origen, que se complementará posteriormente de acuerdo con sus características litoestratigráficas, esto es, la caracterización litológica (composición y estructura) de las sucesiones estratigráficas.

Esta clasificación preliminar permite diferenciar entre rocas y suelos, y estos últimos diferenciados entre transportados, residuales o antrópicos.



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

### 3.2.1. NOMENCLATURA

Se define la nomenclatura asociada, la cual se ajusta de acuerdo con la caracterización de los materiales en la actividad de comprobación de campo.

El sistema de nomenclatura propuesto es el siguiente:

- La primera letra, en mayúscula, indica si es roca (R) o suelo (S).
- Si es roca (R), la segunda letra, en minúscula, indica su calidad, según sus características de resistencia cualitativa, grado de meteorización y el diaclasamiento, entre otras, la cual se ajustará según la caracterización realizada cuantitativamente, que se denomina muy dura (md), dura (d), intermedia (i), blanda (b) y muy blanda (mb).
- Si es suelo (S), la segunda letra indicara el origen: transportado (t), residual (r) o antrópico (a).
- La tercera letra indica el tamaño del grano predominante o la textura del material.
- Se pueden agregar al nombre otras letras que indiquen las características geotécnicas del material.

### 3.2.2. DELIMITACIÓN DE LAS UGS PRELIMINARES EN LA CARTOGRAFÍA BÁSICA

Las unidades de terreno delimitadas y caracterizadas, que son la base de la definición de las UGS, se demarcaron con base en la clasificación del terreno en unidades geomorfológicas con apoyo de la cartografía básica, el MDT, suelos, geología y demás imágenes remotas disponibles en el área de estudio.

Para la descripción de las unidades en campo se deben describir en forma separada los atributos del material y los atributos de la masa, independientemente de que se trate de suelos o rocas.

La caracterización comprende el levantamiento de datos estratigráficos y datos que inciden en el comportamiento mecánico de los materiales, caracterización sobre litología y rasgos estructurales relacionados con diaclasas, fallas y otros atributos semejantes, así

como la descripción de secuencias estratigráficas en afloramientos y definición de puntos de muestreo de roca y suelo.

Tabla 2. Caracterización de las unidades de suelo y roca, con énfasis en UGS

Material Geológico		Propiedades (Descripción de Campo)
Roca		
Masa Rocosa		Rasgos estructurales Perfil de meteorización Discontinuidades Resistencia de masa Permeabilidad secundaria Génesis Litología Color
Material Rocoso		Grado de meteorización Resistencia Textura- fabrica Tamaño y forma del grano
Suelo		
Masa de suelo		Génesis Textura y composición Perfil del suelo Humedad natural Permeabilidad cualitativa Estructuras
Material del Suelo	Clastos	Tipo Color Forma Redondez Orientación Grado de meteorización
	Matriz	Color Granulometría Plasticidad resistencia
	Suelos finos	Resistencia no drenada (consistencia)
	Suelos gruesos	Densidad relativa de los suelos (compacidad) Forma de los granos Redondez de los granos Orientación de los granos

### 3.2.3. UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES CUENCA DEL RIO MIRA

Dentro de la cuenca del río Mira se determinaron las unidades geológicas superficiales basados en la información geológica de la cuenca, geomorfológica y suelos, así como también se apoyó en la información de imágenes DEM y satelitales del proyecto, determinando así un plano regional con dichas unidades las cuales se refieren en el cuadro que se presenta a continuación y se evidencian en el plano de UGS de la cuenca del río Mira.

Tabla 3. Unidades Geológicas Superficiales cuenca del río Mira.

<b>Código U_Geologica</b>	<b>Nombre</b>	<b>UGS</b>	<b>UGS_Descripción</b>
Q2cl	Cordones Litorales	Stl	Suelo trasportado litoral
Q2al	Depósitos aluviales	Sta	Suelo trasportado aluvial
Q1fvlgy	Depósitos Fluviovolcanico la Guayacana	Stv	Suelo trasportado volcánico
Q2ib	Islas Barrera	Stl	Suelo trasportado litoral
N2Q1fvlg	Volcánico	Srv	Suelo residual volcánico
N2Q1fvld	Volcánico	Srv	Suelo residual volcánico
Q2t	Terrazas Aluviales	Sta	Suelo trasportado aluvial
Q2m	Intermareales	Stl	Suelo trasportado litoral
N2mycu	Formación Mayorquin-Miembro Curay	Sra	Suelo residual aluvial
Q1fvl	Volcánico	Srv	Suelo residual volcánico





interpretación de los procesos geomorfológicos registrados en el terreno, que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las geoformas. Los ambientes morfogenéticos se agrupan para este trabajo teniendo en cuenta los parámetros expuestos por Zinck (2012), en cuyo caso para la escala que se requiere de 1:25.000, el nivel categórico aplicado será el de *Formas de terreno*; así mismo se tiene en cuenta una segunda clasificación que es la de Carvajal (2011) para el cual a la escala necesaria de 1:25.000 se utiliza el nivel categórico de *Subunidad Geomorfológica*.

*La base metodológica consistió en la recopilación de información secundaria como base para la generación del plano geomorfológico, para lo cual se contó con información geológica de la zona, suelos, pendientes, imágenes satelitales, enfocadas a la interpretación de sensores remotos y poder definir las unidades geomorfológicas presentes en la zona que comprende la cuenca del río Mira, esto como una primera etapa, para posteriormente continuar con una etapa de control de campo para verificación de las unidades propuestas y con esto proseguir a la etapa final que es la generación de un plano geomorfológico a escala 1:25000.*

## 4.2. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS, ZINCK (2012).

### 4.2.1. Memoria Explicativa De Unidades Geomorfológicas, ZINCK (2012).

Una parte del vocabulario usado para nombrar geoformas tiene origen vernacular, derivado de términos utilizados localmente para designar rasgos del paisaje y transmitidos oralmente de generación en generación (Barrera-Bassols et al., 2006). Muchos de estos términos, originalmente extraídos del conocimiento indígena por exploradores y geomorfólogos de campo, recibieron posteriormente definiciones más precisas y fueron gradualmente incorporados al lenguaje científico de la geomorfología. Un ejemplo típico es el término de carst, el cual designa un amontonamiento de fragmentos de caliza en lenguaje serbo, y se aplica ahora al proceso de disolución de las rocas calcáreas y a las geoformas resultantes. Muchos términos siguen utilizándose con acepciones diferentes según los países. Por ejemplo, el término de estero, de acuerdo como se utiliza en España, designa una depresión alargada, intercalada entre cordones arenosos en paisaje costero. En Venezuela, el mismo término se refiere a depresiones cerradas, anegadas la mayor parte del tiempo, en planicies aluviales. Este tipo de desvirtuación de conceptos es común en los países colonizados por Europeos para describir paisajes desconocidos por similitud con su experiencia de origen. De esto



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

resultaron muchas confusiones y ambigüedades de vocabulario que perduran hoy día. Todavía no hay un vocabulario de geformas uniformemente reconocido, con problemas semánticos adicionales cuando los vocablos se traducen de un idioma a otro.

## **Categorización Geomorfológica**

Las categorías son por orden decreciente:

- Geoestructura
- Ambiente morfogenético
- Paisaje geomorfológico
- Relieve/modelado
- Litología/facies
- Forma de terreno

### ***Geoestructura***

El concepto de geoestructura se refiere a una extensa porción continental caracterizada por su estructura geológica, incluyendo la naturaleza de las rocas (litología), su edad (estratigrafía) y sus deformaciones (tectónica). Estas macro-unidades tienen relación con la tectónica de placas. Comprenden tres taxa: cordillera, escudo, y geosinclinal.

- *Cordillera*: sistema de cadenas montañosas jóvenes, incluyendo planicies y valles, que han sido fuertemente plegadas por orogénesis relativamente reciente. Las cadenas componentes pueden tener varias orientaciones, pero la cordillera tiene usualmente una sola dirección general.
- *Escudo*: bloque continental que ha estado relativamente estable durante un período largo de tiempo y que ha experimentado sólo ligeras deformaciones, a diferencia de las cordilleras; está compuesto principalmente de rocas del Precámbrico.
- *Geosinclinal (o cuenca sedimentaria)*: amplia depresión, generalmente alargada, que se hundió profundamente durante largos períodos de tiempo y en la cual se han acumulado espesas secuencias de sedimentos clásticos estratificados, capas de material orgánico, y a veces cenizas volcánicas. Por orogénesis y plegamiento, los geosinclinales se transforman en cordilleras.



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

### ***Ambiente morfogenético***

El ambiente morfogenético se refiere a un tipo general de medio biofísico, originado y controlado por un estilo de geodinámica interna y/o externa. Comprende seis taxa.

- *Ambiente estructural*: controlado por la geodinámica interna a través de la tectónica (basculamiento, plegamiento, corrimiento, fallamiento) y/o del volcanismo.
- *Ambiente deposicional*: controlado por la deposición de materiales detríticos, solubles y/o biogénicos, transportados por agua, viento, hielo, movimiento en masa, o gravedad.
- *Ambiente erosional* (o denudacional): controlado por procesos de disección y remoción de materiales transportados por agua, viento, hielo, movimiento en masa, o gravedad.
- *Ambiente disolucional*: controlado por procesos de disolución de rocas generando erosión química (carst en rocas calcáreas, pseudocarst en rocas no-calcáreas).
- *Ambiente residual*: caracterizado por la presencia de rasgos de relieve en sobrevivencia (p.e. inselberg).
- *Ambiente mixto*: por ejemplo, un ambiente estructural disectado por erosión.

### ***Paisaje geomorfológico***

Amplia porción de terreno caracterizada por su expresión fisiográfica; corresponde a una repetición de tipos de relieve/modelado similares o a una asociación de tipos de relieve/modelado disímiles. Por ejemplo, una planicie aluvial activa puede estar constituida por una repetición sistemática del mismo tipo de modelado, usualmente llanuras de inundación. En contraste, un valle muestra por lo general una asociación de varios tipos de modelado, tales como llanura de inundación, terraza, abanico y glacis.

Este sistema de clasificación de geofomas reconoce siete taxa al nivel categórico de paisaje geomorfológico: valle, planicie, peneplanicie (peniplanicie), altiplanicie, piedemonte, lomerío, y montaña.

- *Valle*: porción de terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto (p.e. piedemonte, altiplanicie, lomerío, o montaña). Un valle está generalmente drenado por un solo río. Son frecuentes las

confluencias de corrientes de agua. Para su reconocimiento, un valle debe tener un sistema de terrazas que, en su mínima expresión, comporta por lo menos una vega y una terraza baja. En ausencia de terrazas, se trata simplemente de un entalle fluvial, el cual queda expresado en un mapa por la red hidrográfica.

- *Planicie*: porción de terreno extensa, plana, no confinada, de posición baja, con poca energía de relieve (1-10 m de diferencia de altura relativa) y pendientes suaves, generalmente menores a 3%. Varios ríos contribuyen a formar un sistema fluvial complejo. Diferencias de corrientes de agua son frecuentes.
- *Peneplanicie*: porción de terreno ligeramente ondulada, caracterizada por una repetición sistemática de cerros bajos, redondeados (colinas) o alargados (lomas), con cimas de similar altura, separados por una densa red hidrográfica de patrón reticular. Las colinas y lomas se forman ya sea por disección de una planicie o altiplanicie anterior, o por erosión y aplanamiento de una superficie originalmente quebrada. Frecuentemente, una peneplanicie consta de una asociación de tres tipos de relieve/modelado: cerros rodeados por un cinturón de glaciares y circunscritos en la periferia por vallecitos coluvio-aluviales.
- *Altiplanicie (altiplano, planalto, plateau)*: porción de terreno relativamente elevada, extensa, plana, comúnmente limitada por lo menos en un lado por una caída brusca (escarpe) a terrenos más bajos. El paisaje de altiplanicie es independiente de la altitud, siempre y cuando cumpla con las características diagnósticas de esta geoforma, como son posición alta, topografía tabular, y escarpes en sus bordes o a lo largo de los cursos de agua que la entallan profundamente.
- *Piedemonte*: porción de terreno inclinada al pie de unidades de paisaje más elevadas (p.e. altiplanicie, montaña). Su composición interna es generalmente heterogénea e incluye:
  - colinas y lomas desarrolladas en el substrato precuaternario, expuesto por exhumación después de que la cobertura aluvial del Cuaternario ha sido removida por erosión.
  - abanicos y glaciares, a menudo en posición de terraza (abanico-terracea, glacis-terracea), compuestos por material detrítico del Cuaternario transportado por torrentes desde terrenos altos circundantes.

Los piedemontes situados al pie de sistemas montañosos recientes (cordilleras) muestran generalmente rasgos neotectónicos, como por ejemplo terrazas falladas y basculadas.

- *Lomerío*: porción de terreno quebrada, caracterizada por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por una red hidrográfica moderadamente densa y vallecitos coluvio-aluviales.
- *Montaña*: porción de terreno elevada, escabrosa, profundamente disectada, caracterizada por:
  - alturas relativas importantes con relación a las unidades de paisaje circundantes (externas) de posición más baja (p.e. planicies, piedemontes);
  - importante disección interna, generando una neta energía de relieve entre las áreas montañosas y los valles intercalados.

### **Relieve/modelado**

Los conceptos de relieve y modelado están basados en la definición que se da comúnmente a ambos términos en la literatura geomorfológica francesa (Viers, 1967).

- *Relieve*: geoforma que resulta de una determinada combinación de topografía y estructura geológica (p.e. relieve de cuesta); controlada mayormente por la geodinámica interna.
- *Modelado*: geoforma determinada por condiciones morfoclimáticas o procesos morfogenéticos específicos (p.e. glacis, abanico, terraza, delta); controlada mayormente por la geodinámica externa.

Relieve y modelado constan de una amplia variedad de taxa que pueden agruparse en familias de acuerdo al proceso formador dominante: estructural, erosional, deposicional, disolucional, y residual. En general, la literatura geomorfológica no establece una clara diferenciación entre las geoformas de nivel 4 (relieve/modelado) y las geoformas de nivel 6 (forma de terreno).

### **Litología/facies**

El nivel 5 provee información sobre (1) la naturaleza petrográfica de las rocas duras que sirven de substrato a las geoformas, y (2) la facies de las formaciones no-consolidadas de cobertura, que constituyen frecuentemente el componente interno (hipogeo) de las geoformas. En ambos casos, se trata de los materiales parentales de los suelos.

Si el sistema taxonómico estuviera restringido a las geoformas deposicionales, el presente nivel categórico podría resultar redundante y por lo tanto superfluo, ya que la litología estaría cubierta convenientemente por la facies del material geomorfológico (el material parental del suelo) al nivel más bajo del sistema (el nivel de la forma de terreno). Sin embargo, en el caso de las áreas donde los suelos se forman directamente o indirectamente desde el material geológico consolidado, el sistema debe permitir introducir información sobre la litología de las rocas.

- Clases de rocas duras (de acuerdo a la clasificación convencional de las rocas):

- Ígneas, incluyendo rocas intrusivas (p.e. granito, granodiorita, diorita, gabbro) y rocas extrusivas (p.e. riolita, dacita, andesita, basalto)

- Metamórficas (p.e. pizarra, esquisto, gneis, cuartzita, mármol)

- Sedimentarias (p.e. conglomerado, arenisca, limolita, lutita, caliza)

- Facies de materiales no-consolidados:

- Nival (nieve)

- Glaciar (hielo, glaciares)

- Periglaciar (hielo, crioclastismo, termoclastismo)

- Aluvial (corriente de agua concentrada = fluvial = río)

- Coluvial (corriente de agua difusa)

- Diluvial (corriente de agua torrencial)

- Lacustre (depósitos en lagos)

- Lagunar (depósitos en aguas salobres)

- Litoral o costero (depósitos a lo largo de la franja entre continente y mar; tidal)

- Movimiento en masa (flujo de detritos plásticos y líquidos; deslizamientos)

- Gravedad (caída de rocas)

- Volcánico (flujo superficial o salpicación aérea de materiales ígneos extrusivos)

- Biogénico (arrecife de coral)

- Mixto (fluvio-glaciar, coluvio-aluvial, fluvio-volcánico)

- Antrópico (kitchen midden, sambaqui, tumulus, escombro, suelo urbano, etc.)

## Forma de terreno

El término *forma de terreno* se usa frecuentemente como un concepto general, que cubre cualquier tipo de unidad geomorfológica desde el nivel de paisaje hasta los niveles más bajos del sistema, sin distinción de jerarquía o de grado de abstracción. En este sentido, el término de forma de terreno es sinónimo de geoforma.

En este sistema jerárquico de clasificación de las geoformas, la forma de terreno se considera como el concepto genérico del nivel inferior del sistema. Corresponde a la unidad geomorfológica elemental, la cual puede ser dividida sólo por medio de fases. Se caracteriza por su geometría, dinámica, e historia.

En general, los manuales de geomorfología no establecen una diferenciación jerárquica de geoformas por debajo del nivel de paisaje. Se consideró apropiado repartir las formas de terreno en dos grupos: las formas de terreno predominantemente controladas por la estructura geológica (geodinámica interna) y las formas de terreno predominantemente controladas por los agentes morfogenéticos (geodinámica externa).

- Geoformas predominantemente controladas por la estructura geológica
  - Estructurales (monoclinales, plegadas, falladas)
  - Volcánicas
  - Cársticas
- Geoformas predominantemente controladas por los agentes morfogenéticos
  - Nivales, glaciares, periglaciares
  - Eólicas
  - Aluviales y coluviales
  - Lacustrinas
  - De gravedad y movimientos en masa
  - Litorales
- Geoformas banales



## ***Clasificación de las Geoformas a los niveles inferiores***

### ***Geoformas mayormente controladas por la estructura geológica***

El control geoestructural actúa por intermedio de la tectónica, del volcanismo y/o de la litología. Por lo tanto, la geodinámica interna es determinante en la formación de esta clase de geoformas, en combinación con procesos externos de erosión o deposición en grados variables. La disección de relieves estructurales primarios por erosión mecánica, por ejemplo, resulta en la formación de relieves derivados. La erosión química por disolución de calizas o desagregación de areniscas causa la formación de relieves cársticos y pseudocársticos. La deposición de cenizas o escorias volcánicas puede alterar la configuración original de un relieve estructural.

#### ➤ *Geoformas estructurales propiamente dichas*

- Relieves monoclinales: los estratos de roca se inclinan en una sola dirección con buzamiento variable desde 1° hasta 90°. Estratos de rocas duras (p.e. arenisca, cuarcita, caliza) sobreyacen a rocas más blandas (p.e. marga, lutita, pizarra). El binomio roca dura/roca blanda puede repetirse en el paisaje, creando desdoblamiento del relieve (p. e. cuestas desdobladas).
- Relieves plegados de estilo jurásico: pliegues simétricos en secuencias regulares de altos estructurales (anticlinales) y bajos estructurales (sinclinales) en su forma original o casi original. Están relacionados con espesores importantes de rocas sedimentarias estratificadas.
- Relieves plegados de estilo apalachiano: relieves plegados en avanzado estado de aplanamiento y disección.
- Relieves plegados complejos: relieves primarios o derivados controlados por tectónica de sobrecorrimiento (cabalgamiento) y pliegues complejos.
- Relieves fallados: relieves primarios o derivados originados por fallas o fracturas. El estilo de fallamiento (normal, inverso, conforme, contrario) controla el tipo de relieve resultante.

#### ➤ *Geoformas volcánicas*

Los materiales volcánicos pueden constituir lo esencial del substrato o limitarse a formaciones de cobertura en una amplia variedad de paisajes incluyendo montaña, altiplanicie, piedemonte, planicie y valle. Las geoformas volcánicas son de complejidad variable, lo dificulta una estricta separación entre tipos de relieve y formas de terreno. Un cono de ceniza, por ejemplo, puede ser muy simple y constituir una forma de terreno

elemental, mientras que un cono de estratovolcán es generalmente un edificio volcánico mucho más complejo con varias formas de terreno.

➤ *Geoformas cársticas*

El carstismo opera por erosión química de las rocas solubles y origina terrenos esculpidos de configuración compleja, que se caracterizan por geoformas residuales de relieve positivo o negativo. Los taxa resultantes entran en el sistema esencialmente a nivel del tipo de relieve. Las geoformas cársticas son a la vez endógenas por la influencia de la litología en su formación y exógenas por el proceso de disolución que las origina.

Tabla 4. Geoformas estructurales (Zinck 1988)

Relieve		Forma de terreno
Primario	Derivado	
<i>Monoclinal</i>		
Cuesta (1-10° buzamiento)	Cuesta desdoblada	Frente de relieve
Crestón (10-30°)	Cerro testigo	Escarpe (comisa)
Hogback (30-70°)	Antecerro	Talud de derrubios
Barra (70-90°)	Depresión ortoclinal (subsecuente)	Reverso de relieve (dorso)
Flatiron	Depresión cataclinal (consecuente)	Superficie estructural
	Depresión anaclinal (obsecuente)	Superficie subestructural
		Embudo de abertura cataclinal
<i>Plegado (jurásico)</i>		
Monte (anticlinal conservado)	Anticlinal excavado	Charnela anticlinal
Valle (sinclinal conservado)	Sinclinal colgante	Charnela sinclinal
	Viga (chevron)	Flanco de pliegue
	Crestón	Escarpe
	Comba	Talud de derrubios
	Cluse	
	Ruz	
<i>Plegado (apalachiano)</i>		
	Anticlinal truncado	Escarpe
	Barra	Talud de derrubios
	Sinclinal colgante	
	Embudo de abertura cataclinal	
<i>Plegado (complejo)</i>		
Manto de cabalgamiento	Klippe	Escarpe
Manto de sobrecorrimiento	Crestón de flanco de pliegue	Talud de derrubios
Pliegue en cofre	Escarpe de pliegue fallado	
Pliegue diapírico	Ventana tectónica (comba)	
<i>Fallado/fracturado</i>		
Escarpe de falla	Escarpe de línea de falla	Escarpe
Pilar tectónico (horst)	Escarpe con facetas trapezoidales	Talud de derrubios
Fosa tectónica (graben)	Cuesta	
Bloques de falla escalonados		
Bloques de falla monoclinales		

Tabla 5. Geoformas Volcanicas (Zinck 1988)

Relieve	Variedad de geoformas
Depresión	Cráter Caldera Maar Lago
Cono	Cono de ceniza Cono de escoria Cono de lava Cono de salpicaduras de lava Volcán en escudo Estratovolcán Cumulovolcán
Domo	Domo de intrusión Domo de extrusión Cilindro de extrusión
Llanura	Colada de lava Lava caótica o escoriácea (aa) Lava rizada o cordada (pahoehoe) Lava de almohada Flujo fluviovolcánico Campo de escorias Manto de cenizas Flujo piroclástico
Mesa	Planèze
Cuesta	Flujo de lava colgante Sill
Barra	Dique longitudinal
Dique	Dique anular (ring-dike)
Espigón	Escarpe de volcán
Pitón	Cuello volcánico (neck) Chimenea volcánica Aguja de lava

Tabla 6. Geoformas Carsticas (Zinck 1988)

Relieve	Forma de terreno
Carst de pitones (hum)	Campo de lapiez
Carst de torrecillas (hum)	Sima (aven)
Carst cónico (domos)	Ponor
Carst espumoso	Dolina
Llanura cárstica (polje)	Uvala
Cañón (valle de colapso)	
Valle ciego	
Valle seco	

### ***Geoformas mayormente controladas por los agentes morfogenéticos***

El agua, el viento y el hielo son agentes morfogenéticos que causan erosión o deposición de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes. Las geoformas resultantes son generalmente más homogéneas que las geoformas controladas por la estructura interna. Por esta razón, muchas de las geoformas originadas por agentes externos pueden ser clasificadas a nivel de forma de terreno. Se distinguen aquí seis familias principales de formas de terreno de acuerdo a su origen, tal como sigue.

➤ ***Geoformas nivales, glaciares y periglaciares***

Las geoformas nivales, glaciares y periglaciares tienen en común el hecho de que se desarrollan en ambientes fríos (altas latitudes y altitudes) por la acumulación de nieve (geoformas nivales), la alternancia hielo-deshielo causando gelifracción (geoformas periglaciares) o la acumulación de hielo en masa (geoformas glaciares). Algunas geoformas se originan por deposición (p.e. morrenas), otras por erosión (p.e. circo glaciar). Algunas pueden reconocerse y mapearse como formas de terreno elementales (p.e. una morrena). Otras son tipos de modelado que constan de más de una clase de forma de terreno. Una artesa glaciar, por ejemplo, puede contener diversos tipos de morrena (de fondo, lateral, frontal), superficies de rocas aborregadas, valles colgantes, lagunas, entre otros. Las formas nivales no son formas de terreno propiamente dichas, ya que están cubiertas de nieve (p.e. circo de nivación, manto de nieve permanente, corredor y abanico de avalancha de nieve).

Tabla 7. Geoformas Glaciares (Zinck 1988)

Modelado	Forma de terreno
Circo	Umbral
Artesa	Cubeta de sobre-excavación Hombarrera (rellano) Valle colgante (garganta) Superficie de rocas aborregadas Morrena de fondo Morrena lateral Morrena central Morrena frontal (terminal) Arco morrénico Corriente de bloques Depresión de hielo muerto
Llanura	Campo de rocas aborregadas Campo de drumlin Morrena de fondo Morrena de empuje Kame Ôs Esker Explayamiento fluvio-glaciar (sandur)

Tabla 8. Geoformas Periglaciares (Zinck 1988)

Modelado	Forma de terreno
Cresta (gelifracción)	Nunatak (horn) Talud de derrubios Abanico de derrubios
Llanura	Suelo poligonal Campo de barro Campo de piedras Enlosado nival Césped almohadillado Turbera Campo de dunas Manto de loess
Vertiente	Derrubio de gravedad Derrubio ordenado Colada de bloques Glaciar rocoso Suelo estriado Colada de barro (soliflucción)

➤ *Geoformas eólicas*

Los ambientes secos, desérticos y subdesérticos, son los más favorables a la formación de geoformas eólicas. Estas ocurren esencialmente en paisaje de planicie costera o continental donde el efecto del viento es más pronunciado

Tabla 9. Geoformas eólicas (Zinck 1988)

Modelado	Forma de terreno
Llanura (campo de dunas, erg)	Barcana
	Nebka
	Duna parabólica
	Duna longitudinal
	Duna transversal
	Duna piramidal (ghourd)
	Duna reticulada
	Albardón (dique) eólico
	Cobertura de loess
	Cubeta de deflación
	Superficie de deflación pedregosa (reg)
	Yardang
	Meseta

➤ *Geoformas aluviales y coluviales*

Geoformas aluviales pueden ocurrir en prácticamente todos los tipos de paisaje, pero mayormente en planicies y valles formando terrazas y llanuras de inundación. Las geoformas coluviales son características del paisaje de piedemonte

Tabla 10. Geoformas Aluviales y coluviales (Zinck 1988)

Facies deposicional/erosión	Forma de terreno
Facies de exceso de carga	Banco de arena de cauce
	Onllar (point bar)
	Albardón de río
	Albardón de distributario (difluente)
	Albardón de brazo deltaico
	Eje de explayamiento
	Napa de explayamiento
	Explayamiento de ruptura
	Abanico de explayamiento
	Glacis de explayamiento
	Cono de deyección
Facies de desbordamiento	Napa de desbordamiento
	Cubeta de desbordamiento
Facies de decantación	Cubeta de decantación
	Depresión lateral
	Pantano (backswamp)
	Meandro abandonado con laguna semilunar
Facies coluvial	Cauce colmatado
	Abanico coluvial
Rasgos de erosión hídrica	Glacis coluvial
	Superficie de ablación
	Surco
	Cárcava
	Badland

➤ *Geoformas lacustres*

El retroceso episódico de los lagos a consecuencia de fases de desecamiento - un proceso muy común en lagos originados después de la última glaciación - deja expuesto material lacustrino en forma de terrazas escalonadas. En ambiente árido y semiárido ocurren depósitos fluvio-lacustrinos estratificados en depresiones de tipo playa. En áreas emergidas de lagos proglaciares se observan depósitos estratificados de tipo varva.

➤ *Geoformas de gravedad y movimiento en masa*

El estado mecánico del material, con solución de continuidad desde sólido hasta líquido, controla los procesos de movimiento en masa incluyendo reptación, colada, deslizamiento y caída, que dan origen a las formas de terreno.

➤ *Geoformas costeras*

Las geoformas costeras más típicas se desarrollan en los terrenos litorales bajos y caracterizan el modelado de las marismas, estuarios, deltas, y bahías. El acantilado es la forma más común en las costas rocosas.

Tabla 11. Geoformas de gravedad y movimientos en masa (Zinck 1988)

Proceso (estado del material)	Forma de terreno
Reptación (variable)	Manto de reptación
	Pisada de vaca
	Terraceta
Colada o flujo (plástico/liquido)	Flujo de rocas
	Flujo de tierra
	Flujo de detritos
	Flujo de lodo
	Soliflucción generalizada
	Lengua de soliflucción
	Lupia de soliflucción
Alud (lava) torrencial	
Deslizamiento (semi-sólido)	Deslizamiento rotacional (slump)
	Deslizamiento traslacional (en plancha)
	Deslizamiento de rocas
	Deslizamiento de bloques
	Deslizamiento de detritos
Caída (sólido)	Superficie/cara de desprendimiento
	Talud de derrubios

Tabla 12. Geoformas Costeras (Litorales)(Zinck 1988)

Modo de formación	Forma de terreno
Deposición mecánica	Playa
	Cordón de playa (con gradas y cresta)
	Barra prelitoral o de antecosta (con cresta y surco)
	Barra de bahía (restinga)
	Flecha litoral
	Tómbolo
	Brecha colmatada
	Llano de marea lodoso (con slikke-schorre)
	Albardón de marea
	Pantano litoral
	Albufera (laguna)
	Duna
	Plataforma de roca de playa
Formación biogénica	Arrecife barrera
	Arrecife anular
	Arrecife litoral
	Arrecife coralino
	Atolón
Erosión	Acantilado
	Superficie de abrasión
	Canal de marea
	Grao

➤ *Clases de geoformas banales*

Geoformas banales ocurren a nivel de relieve/modelado y de forma de terreno en paisajes de montaña, lomerío, peneplanicie, y piedemonte.

(a) A nivel de relieve/modelado

Dos clases son frecuentes:

- La configuración de espinazo (o esqueleto de pez) que consiste en la asociación de una dorsal maestra longitudinal y de lomas perpendiculares a la anterior (viga, chevron, rafter, nariz), separadas por entalles de vallecitos. Este tipo de relieve es frecuente en rocas sedimentarias fracturadas. Su evolución ulterior genera relieves de configuración alargada en forma de lomo-de-caballo.





Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

- La configuración de media-naranja que consiste en una repetición sistemática de colinas redondeadas de similar altura. Este tipo de relieve es típico del paisaje de peneplanicie en substrato ígneo o metamórfico homogéneo pero intensivamente fracturado, con patrón de drenaje reticular. Es frecuente en los escudos precámbricos de la zona intertropical.

(b) A nivel de forma de terreno

El concepto más conveniente para subdividir un relieve de loma o colina es el de faceta de vertiente. A este efecto pueden implementarse los modelos de vertiente existentes, como el modelo de las nueve facetas de Conacher & Dalrymple (1977) o el modelo de las cinco facetas de Ruhe (1975). Es de notar que la faceta de pie-de-vertiente no es en realidad una faceta de vertiente; es una unidad que pertenece al valle o vallecito adjunto, con pendiente perpendicular a la de la vertiente y con depósitos longitudinales.

Modelos son generalizaciones convenientes de situaciones reales. El modelo general de vertiente con perfil convexo-cóncavo puede ser perturbado por irregularidades. Por ejemplo, el perfil transversal de una colina o loma muestra frecuentemente complicaciones que hay que tomar en cuenta en el mapeo de geoformas y suelos. Estas complicaciones pueden derivar de la heterogeneidad del substrato geológico local o de la morfodinámica local. Una vertiente convexo-cóncava puede ser interrumpida por resaltes y escarpes que reflejan influencia tectónica local o cambios litológicos. Igualmente, el perfil topográfico general puede ser localmente disturbado o modificado por erosión hídrica (entalle de surcos o cárcavas) o por movimientos en masa (terracetas, deslizamientos, cicatrices y lenguas de solifluxión).

#### 4.3. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS, CARVAJAL (2011).

##### 4.3.1. MEMORIA EXPLICATIVA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS, CARVAJAL (2011).

Una jerarquía de unidades o categorías geomorfológicas se pueden definir en una región dada, dependiendo de la escala de trabajo, y sistémicamente deben permitir el análisis de la evolución geomorfológica y geológica de ésta. Esta concepción es igualmente necesaria con el fin de enfocar el pensamiento hacia el análisis de las geoformas de manera sistémica y coherente con las operaciones funcionales de almacenamiento,



Fase de Diagnóstico  
POMCA Mira

consulta, análisis, generación y generalización de información cartográfica de los Sistemas de Información Geográfica.

Según Howard y Mitchell (1980) en Hayden (1986), la más simple y clara base de clasificación es la definición de unidades homogéneas fáciles de mapear a la escala requerida en una región en particular. Así mismo, debe seleccionarse cuidadosamente para que sea homogénea e indivisible a la escala de trabajo que se requiere (Hayden, 1986).

### **Categorización Geomorfológica**

Se proponen y adoptan los siguientes rangos de clasificación de mayor a menor:

- ✓ Geomorfoestructura
- ✓ Provincia Geomorfológica
- ✓ Región Geomorfológica
- ✓ Unidad Geomorfológica
- ✓ Subunidad Geomorfológica
- ✓ Componente o Elemento Geomorfológico

- **Geomorfoestructura**

Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y, posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea (megageoformas de origen tectónico). Se consideran geomorfoestructuras los escudos, los bloques de origen continental (plateaus orogénicos o epirogénicos), grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y rift valleys, plataformas y cinturones orogénicos. Según Velásquez (1999) corresponde a escalas de trabajo menores de 1:2.500.000. El nombre propuesto para las geomorfoestructuras es compuesto. Consta del término Sistema, asociado a un término Morfológico de macrorrelieve, combinado con un nombre geográfico regional reconocido.

- **Provincia geomorfológica**

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macrorrelieve y una génesis geológica similar. Localmente, se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están delimitados por el trazo de megafracturas y suturas definidas o inferidas (Ingeominas 1999; Velásquez, 1999; Irving 1971; Etayo et al., 1986; Villota, 1997).

Se diferencian y delimitan las formas del relieve tomando como base sus características geológicas, morfológicas y geográficas. Se definen en términos tales como cinturones montañosos, llanuras, peneplanicies, cordilleras y serranías, y están establecidas para escalas entre 1:1.000.000 - 1.500.000. El nombre propuesto para la provincia geomorfológica es Compuesto y consta de un término morfológico de macrorrelieve, combinado con un nombre geográfico definido por el nombre del terreno geológico o región natural respectiva.

- **Región geomorfológica**

Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente, definidas por los ambientes monogenéticos y geológicos afectados por procesos geomórficos parecidos. La escala de trabajo está definida entre 1:250.000 y 1:500.000 (Velásquez, 1999; Ingeominas, 1999; Verstappen y Van Zuidam, 1992; Carvajal, 2008). El ambiente monogenético alude a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas en las cuales se generaron las geoformas.

Se determina con base en la interpretación de los procesos geomorfológicos registrados (origen tanto endógeno como exógeno), que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de éstas. Los ambientes morfogenéticos se agrupan de manera general en:

**Ambiente morfoestructural (S).** Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente la asociada a plegamientos y fallamientos.

**Ambiente volcánico (V).** Definido para las geoformas generadas, tanto por la intrusión como por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra.

**Ambiente denudacional (D).** Determinado por la actividad de los procesos erosivos hídricos y pluviales, y producto principalmente de procesos de meteorización, erosión y remoción en masa sobre geoformas preexistentes.

**Ambiente fluvial y lagunar (F).** Corresponde a las geoformas producidas por procesos (erosión-sedimentación), generadas por corrientes de agua tales como ríos y arroyos, y lagos y lagunas, respectivamente.



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

**Ambiente marino y costero (M).** Determinado por las geoformas construidas o esculpidas por la actividad de las corrientes y procesos del mar, se incluyen los deltas.

**Ambiente glacial y periglacial (G).** Definido por las geoformas originadas por los glaciares tanto continentales (casquetes polares) como de alta montaña.

**Ambiente eólico (E).** Corresponde a las geoformas erosivas y de acumulación sedimentaria, formadas por la acción de los vientos en climas desérticos, principalmente.

**Ambiente karstico (K).** Definido por las formas del terreno, producto de meteorización y dilución de rocas y materiales de fácil disolución (las calizas y sal), en ambientes tropicales húmedos.

**Ambiente antropogénico (A).** Corresponde a las formas del terreno, producto de la actividad del hombre que modifica la superficie terrestre.

El nombre propuesto para las regiones geomorfológicas está definido por términos morfológicos de mesorrelieve tales como serranías o planicies, asociado con el nombre del ambiente morfogenético correspondiente. Para la notación cartográfica se propone usar una abreviatura de hasta tres caracteres; la primera, o la primera y la segunda en mayúsculas, se utiliza para identificar el ambiente morfogenético principal y la restante para la expresión morfológica de mesorrelieve.

- **Unidad geomorfotógica**

Esta categoría se propone como la unidad básica de la cartografía geomorfológica. El término unidad geomorfológica se define como una geoforma individual genéticamente homogénea generada por un proceso geomórfico construccional o destruccional (acumulación o erosión), típico de un ambiente monogenético dado. Está determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala de trabajo propuesta de 1:50.000 a 1:100.000.

La notación cartográfica propuesta corresponde a una abreviatura de hasta cinco caracteres, el primero en mayúscula. El primero y el segundo se utilizan para identificar el ambiente morfogenético principal (Denudacional: D, Volcánico: V, Estructural: S, Fluvial y deltaico; F, Kárstico: K, Marino y costero: M, Glacial: G, Eólico: E, Antropogénico: A); se usan letras adicionales para especificar tanto el relieve como el nombre de la geoforma típica de cada ambiente monogenético (Verstappen y Van Zuidam, 1992).



Fase de Diagnóstico  
POMCA Mira

- **Subunidad geomorfológica**

Categoría que corresponde a una subdivisión de las unidades geomorfológicas. Está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y monométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de éstos con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente, está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos o determinados. La escala de trabajo oscila entre 1:10.000 y 1:25.000.

La nomenclatura de las subunidades está definida por la posición dentro de la unidad o por el proceso geomorfológico dominante. Por ejemplo, ladera estructural de espinazo o de cuesta, ladera denudativa o residual. La notación cartográfica propuesta corresponde a abreviaturas de hasta seis caracteres: La primera hace alusión al ambiente morfogenético, la segunda y tercera para definir la unidad correspondiente, y las restantes para especificar la disposición estructural o la posición dentro de la unidad geomorfológica.

- **Componente o elemento geomorfológico**

El elemento o componente geomorfológico corresponde al máximo nivel de detalle de jerarquía en la subdivisión propuesta (escalas mayores de 1:10.000). Esta categoría está establecida por los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), definidos en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica. Igualmente, puede estar definida por microrrelieves asociados con una característica litológica o sedimentaria establecida con base en análisis detallados (Velásquez, 1999; Ingeominas, 1999; Meijerink, 1988; Darnen, 1990).

La nomenclatura propuesta está definida por caracteres combinados de letras y números, especificados por el origen de la geoforma, nombre de las unidades y subunidades y, al final, números que determinan la posición del elemento en la subunidad.

Cartográficamente se plantea hacer la diferenciación de elementos geomorfológicos acorde con las características de los tipos de material (rocas o sedimentos), utilizando los achurados estándar de geología.

Tabla 13. Visión de la jerarquización geomorfológica (Carvajal 2011)

Geomorfo Estructura	Provincia	Región	Unidades	Subunidades	Componente
Sistema Orogénico Andino Sistema montañoso de la Guyana Orogénico Costero y Márgenes continentales	la de la Peneplanicies Orinoquia Peneplanicies Amazonia	Ambiente denudacion al Serranías denudacion ales	Inselberg Glasis Cerros residuales	Glacis erosión Deslizamientos Ladera denudada Conos deslizamiento	Barrancos Escarpes Coronas deslizamientos
		Ambiente fluvial Planicies aluviales	Llanura inundación Abanico fluvial Terrazas fluviales	Basines Terrazas fluviales Deltas desborde Deltas lagunares Barras	Escarpe terraza Albardones Cauces
	Cinturón montañoso de San Jacinto Cinturón montañoso del Sinú	Ambiente marino Planicies costeras	Espigas Terraza marina Tombolo Plataforma de abrasión elevadas Isla barrera	P. Abrasión Playas Llanuras Intermareales	Acantilados Crestas de playa Frente de playa Paleoacantilados
		Ambiente eólico Planicies desérticas	Planos de deflación Dunas Parabólicas Salares Wadis	Yardangs Hoyos de deflación Dunas de sombra	Planos interdunares Planos de Tafoni
		Ambiente estructural Serranías estructurales	Sierras homoclinales Sierras anticlinales Espinazos cuestas	Laderas estructurales Laderas de contrapendiente Cornisas estructurales	Escarpes de falla Facetas triangulares Lagos de falle Trincheras de falla
	Cordillera Central Plataforma Continental Pacifica	Ambiente volcánico Edificios volcánicos	Cráter volcánico Cono volcánico Flujo de lava Lahar	Ladera interna de cráter Cuello volcánico Ladera volcánica	Túnel de lava Cuello volcánico
		Ambiente glacial Serranías glaciadas	Kames Morrenas Sierras glaciadas	Arista glaciada Ladera estructural glaciada	Circo glaciar Planos de estrías glaciaria
		Ambiente Karstico Serranías karstificadas	Poljes Torres Karsticas Cerro pepino	Cañadas Karstificadas Fondo de polje	Dolinas Uvalas Depresión Karstica
		Ambiente Antropogenico Planicies antropogenicas	Lóbulos de escombros Embalses Canteras	Flancos de cantera Planos de explanación	Canales Espolones Banca de caminos

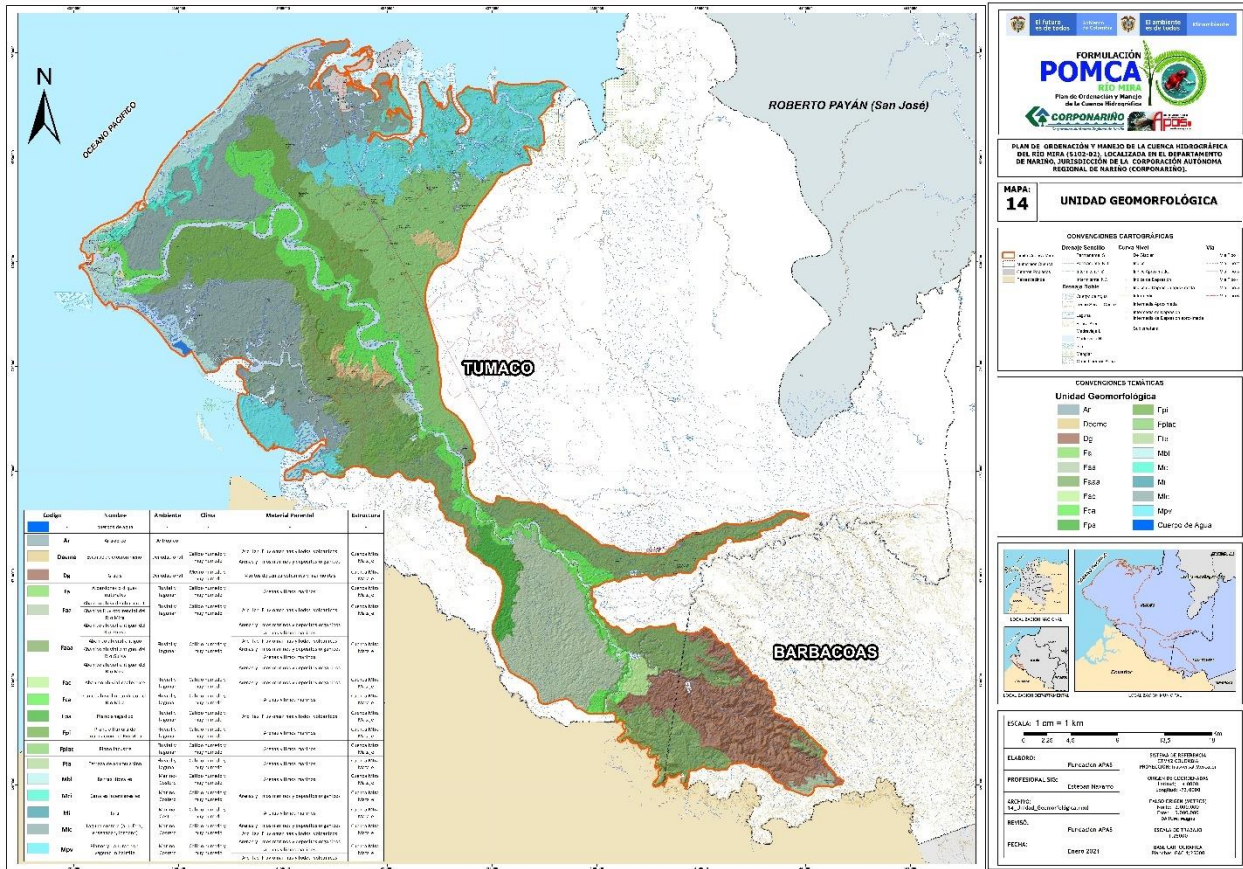


Figura 4. Plano Geomorfología cuenca del Rio Mira

**5. PENDIENTES**

**5.1. METODOLOGÍA**

**5.1.1. Elaboración De Mapa De Pendientes Con Apoyo Del Programa Arc Gis.**

El proceso de generación del plano de pendientes para el sector de la cuenca del rio Mirase obtuvo con apoyo del software ArcGIS, como se explica a continuación: Es importante aclarar que es un MDT (Modelo Digital de Terreno), según Miller y Laflamme en 1958, que la definen como una "representación estadística del terreno, en forma de números digitales, por medio de un conjunto de puntos con coordenadas x,y,z respecto a un sistema de georeferenciación conocido". Se trabajó con producto Aster DEM de

12,5 m de descarga gratuita desde la página <https://search.asf.alaska.edu/#/?flightDir=>, que cubren toda la zona de la cuenca hidrográfica del río Mira. Se procedió a crear el mapa de pendientes, utilizando la herramienta SLOPE. Esta herramienta se encuentra en ArcToolBox en:

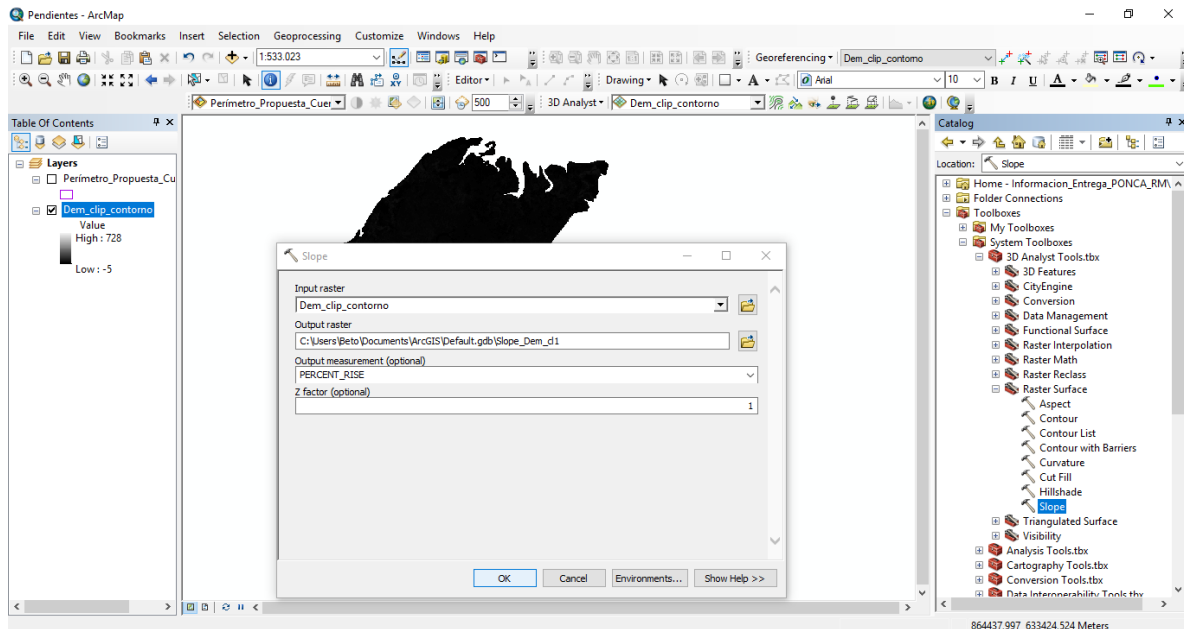


Figura 5. Arctoolbox > spatial analyst tools > surface > slope  
 Fuente: POMCA Cuenca Hidrografica del Rio Mira, 2019.

En Input raster file se introdujo el archivo ráster del MDT

- En Output raster la carpeta donde se almacenó temporalmente el nuevo archivo raster
- En Output measurement seleccionamos Percent\_rise para obtener nuestra capa dividida en pendientes.

El resultado es una capa raster de pendientes en % que por defecto toma colores del verde al rojo (gama adecuada para realizar la representación), donde verde son zonas muy planas a rojo que indica zonas muy escarpadas, pero sin un orden de rangos de clasificación, saca una clasificación aleatoria estandarizada como se muestra a continuación:



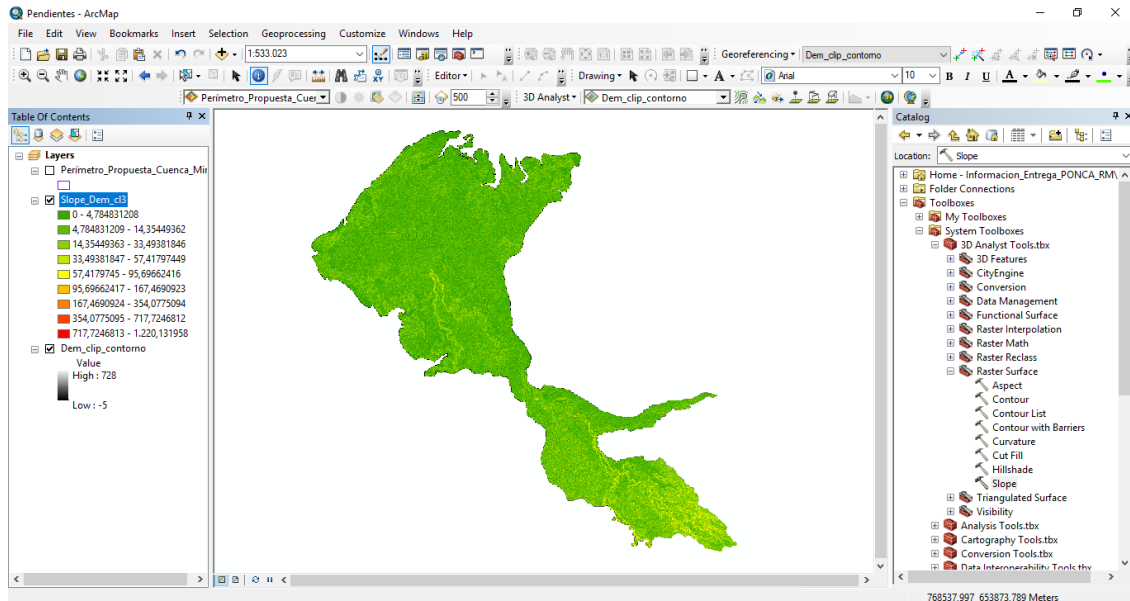









Figura 6. Capa raster de pendientes sin reclasificar

Posteriormente se procedió a reclasificar en los rangos de porcentajes definidos en el alcance y su equivalencia en grados de acuerdo a la clasificación IGAC:

Porcentaje	Grados	color
0-3 %	0-2°	
3-7 %	2-4°	
7-12 %	4-7°	
12-25 %	7-14°	
25-50 %	14-27°	
50-75 %	27-37°	
>75 %	>37°	

Cuando ya está reclasificado el ráster en los rangos necesarios, se procedió a pasar de formato ráster a vector y con el fin de realizar un proceso de homogenización, ya que por la calidad y precisión del producto, existen áreas despreciables que su resultado no incide en la distribución de las pendientes, se tomaron como áreas despreciables los polígonos menores a 0.4 has.

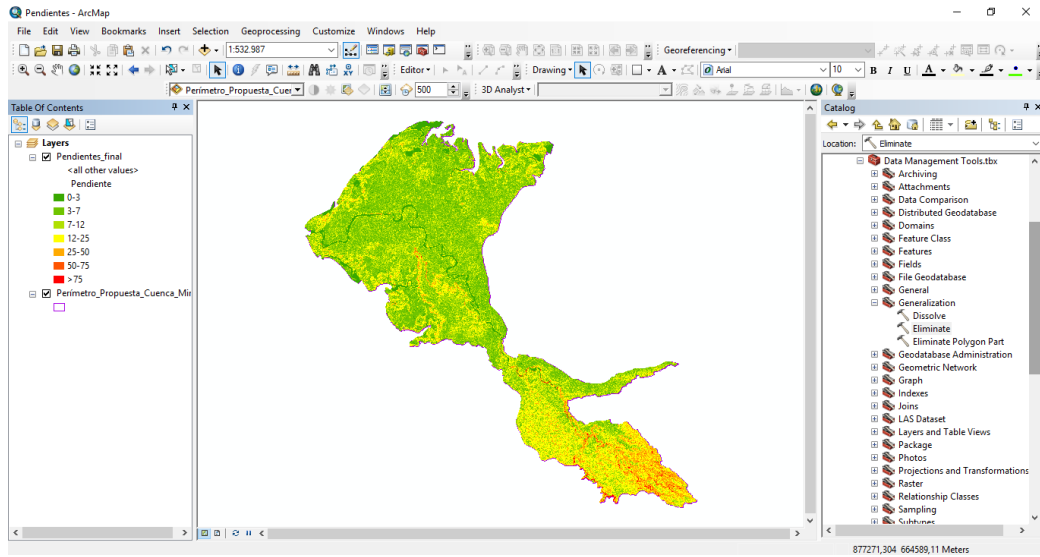


Figura 7. Pendientes, producto de homogenización, con áreas desresiables de 0.4 has.

## 5.2. MAPA DE PENDIENTES

Pendientes (Porcentaje) cuenca del Río Mira, Departamento de Nariño a Escala 1:25.000

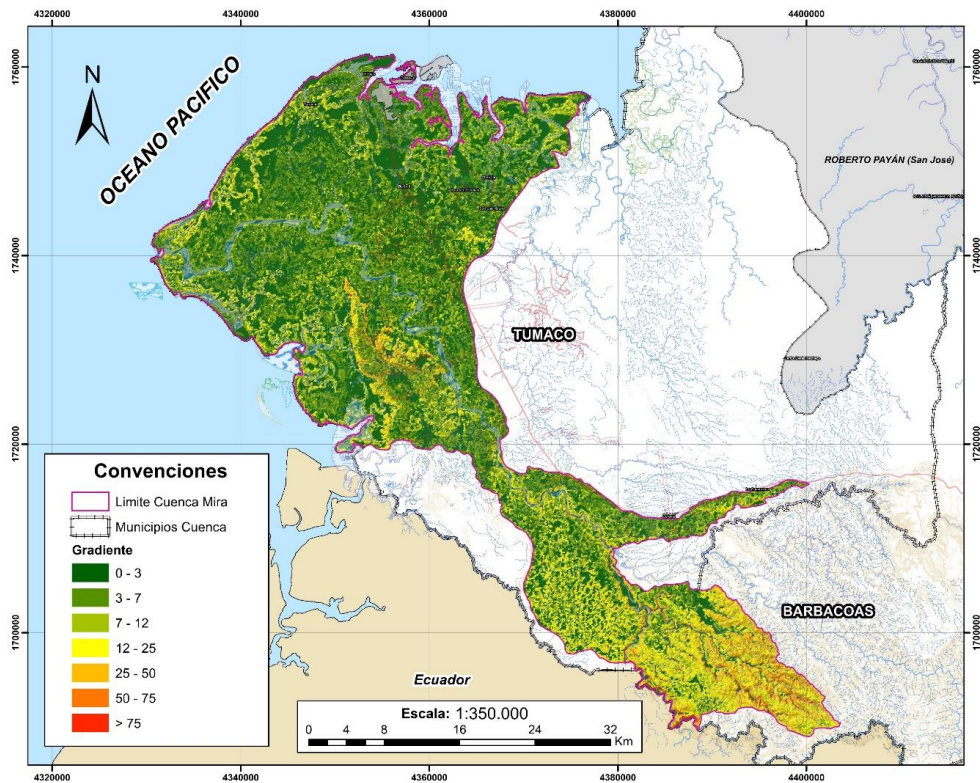


Figura 8. Mapa de pendientes, cuenca del río Mira

### 5.3. MEMORIA EXPLICATIVA (ANÁLISIS DE PENDIENTES EN PORCENTAJE Y EN GRADOS TENIENDO EN CUENTA LOS RANGOS DE PENDIENTES ESTABLECIDOS POR EL IGAC)

Los resultados están dados conforme a los rangos que se describen en la Tabla 3. Estos resultados permiten dilucidar gradientes de pendiente que permiten sugerir un mismo tipo de uso recomendado, razón por la cual es muy útil para efectos de ejercicios de planificación territorial. En este sentido se generó como resultado fundamental:

- El mapa obtenido por la reclasificación automatizada, de manera directa, el cual es usado para los ejercicios generales del POMCA, específicamente en los relacionados con la temática de riesgos.

Tabla 14. Rangos de pendientes IGAC

Porcentaje	Grados	color	Descripción Pendientes Simples	Descripción Pendientes Compuestas
0-3 %	0-2°		Plano	A nivel
3-7 %	2-4°		Ligeramente Inclinado	Ligeramente ondulado
7-12 %	4-7°		Moderadamente Inclinado	Ondulado a ligeramente quebrado
12-25 %	7-14°		Fuertemente inclinado	Fuertemente ondulado o quebrado
25-50 %	14-27°		Ligeramente escarpado	Fuertemente quebrado
50-75 %	27-37°		Moderadamente escarpado	Escarpado
>75 %	>37°		Fuertemente escarpado	Muy escarpado

Cada grupo de rangos de pendientes presenta una descripción relacionada con su calificación o interpretación para ser aplicada en la planificación y uso espacial de la unidad de tierra a la cual pertenece. En el caso de la cuenca del río Mira, se observan pendientes subes en gran parte del área entre ligeramente ondulado a ondulado, en la parte alta de la cuenca se observa pendientes asociadas a terrenos fuertemente quebrados y en algunos sectores de las márgenes de los drenajes del sector se presentan algunos escarpes. La Resolución No. 2965 de septiembre 12 de 1995, emitida por el IGAC, describe las pendientes de la siguiente manera:

**Ligeramente ondulado:** Tierras con ondulaciones ligeras, con lomos a alturas aproximadamente similares, cuyas pendientes varían entre 1 – 3 y 3 – 7%.

**Ondulado:** Tierras con lomos ligeramente planos o redondeados a alturas aproximadamente similares y pendientes cortas, que varían entre 1 – 3 y 7 – 12%.

**Fuertemente ondulado:** Tierras con lomos ligeramente planos o redondeados a alturas aproximadamente similares y pendientes cortas, que varían entre 1- 3 y 12 -25%.

**Fuertemente quebrado:** Tierras con diferentes formas: Inclinationes y longitud de pendientes, las cuales pueden ser cortas o largas con lomos redondeados, afilados, o ambos con pendientes de 25 – 50%.

**Escarpado:** Tierras con diferentes formas e inclinaciones, con pendientes largas y diferencias apreciables de nivel entre los puntos más altos y más bajos: Lomos de cualquier forma. Las pendientes se encuentran entre 50 – 75%.

**Muy escarpado:** Tierra con pendientes largas y diferencias apreciables de nivel con pendientes mayores del 75%.

## 6. HIDROGEOLOGIA

### 6.1. IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES GEOLÓGICAS QUE CONFORMAN ACUÍFEROS EN LA CUENCA.

Dentro del ciclo hidrológico que se conoce, una parte de importancia para el hombre la constituye lo que se denomina agua subterránea, es decir aquella agua que llena los poros abiertos de las rocas que se encuentran por debajo de la superficie terrestre.

Las unidades de roca que pueden almacenar y transportar agua subterránea, es lo que se conoce como acuífero. Para que una unidad de roca sea un acuífero es necesario que tenga ciertas características que permitan el almacenamiento y el transporte del agua.

Como características de importancia para formar un acuífero, están la porosidad que hace relación a la cantidad de vacíos que existen entre las partículas de una unidad geológica, y la permeabilidad que indica la interconexión de esos vacíos.

La porosidad y la permeabilidad pueden ser de origen primario cuando por el proceso de formación de la roca, se presentan estas características y son de origen secundario, cuando el en proceso evolutivo de la roca, por procesos de tectónica o por procesos de meteorización se presentan grietas que generan estas características

La porosidad varía entre los diversos tipos de roca y depende del tamaño, forma y disposición de las partículas que componen la roca, así en su mayoría las rocas de origen ígneo y metamórfico y también rocas sedimentarias como las calizas y dolomías, presentan una porosidad baja, por cuanto están constituidas por cristales bien entrelazados. Desde el punto de vista de génesis, las rocas sedimentarias tipo arenisca y conglomerado, presentan las mejores condiciones para formar acuíferos.

A parte de las características de porosidad y permeabilidad, se necesita que se presenten estructuras geológicas que favorezcan la formación de acuíferos, estas estructuras son los pliegues conocidos como sinclinales, y la inclinación moderada y continua de una unidad de roca que se denomina homoclinal.

A lo anterior debe agregarse el régimen climático o mejor de precipitaciones de una región, por cuanto las precipitaciones recargan el acuífero, es decir a mayor precipitación será mejor la recarga del acuífero. Otro factor para tener en cuenta es la potencia o espesor del acuífero y su extensión por cuanto con ello determina el volumen de reservas de agua.

De conformidad con lo anterior, en la cuenca del río Mira, es posible identificar unidades de roca que presenten características que permita identificarlas como unidades potenciales para ser acuíferos.

Hacia la parte alta de la cuenca, es decir hacia la parte oriental, en los sectores de la Turbia y la Guayacana, las unidades de roca que se observan tiene un dominio de rocas sedimentarias de origen volcánico, por lo cual unidades como (N2Q1fvlg) Conglomerados con bloques redondeados de diabasas, andesitas y tovas líticas con niveles de aglomerado, asociados con depósitos piroclásticos subhorizontales; (Q1fvlg) depósitos fluviovolcánico de la Guayacana, (N2Q1fvld) Gravas, arenas y lodos de origen volcánico, mal seleccionados, ligeramente consolidados en estratos gruesos; los cuales presentan por génesis una porosidad moderada porosidad y permeabilidad, si a esto se añade una topografía moderadamente escarpada la cual le imprime factores que ayudan a la escorrentía, haciendo que este sector sea promisorio para generar acuíferos y además por ser la parte donde se genera la zona de recarga de la cuenca.

En la zona media de igual manera hacen parte unidades de origen sedimentario con buenas condiciones de generación de acuíferos, (N2Q1fvld) Gravas, arenas y lodos de origen volcánico, mal seleccionados, ligeramente consolidados en estratos gruesos.

En la parte baja de la cuenca se presentan depósitos de origen fluvial, y mareal lo cual le imprime unas condiciones de buena acumulación de agua en su interior, además de estar ubicados en la parte baja de la cuenca donde se presenta la zona de descarga. (Q2t) Detritos rodeados con tamaños y composición variables no litificados, con buena degradación y selección, (Q2m) Acumulación de arenas y bioclastos no consolidados, intercalados con materia orgánica asociados con manglares.

## 6.2. DEFINICIÓN DE ZONA DE ACUÍFERO.

El área de estudio se encuentra enmarcada dentro de la provincia Hidrogeológica de Tumaco (IDEAM 2010); La provincia hidrogeológica de Tumaco se encuentra ubicada en el extremo suroccidental de Colombia. Está limitada al norte, por el sistema de fallas de Garrapatas; y al sur, llega hasta la frontera con el Ecuador. Por el oriente, el límite se halla a lo largo de las rocas cretáceas de la cordillera Occidental; y por el occidente, a lo largo de la costa del Océano Pacífico. La cuenca está limitada al norte por la Falla Garrapatas; al oriente, con las rocas cretáceas de la cordillera Occidental (que se consideran como una barrera impermeable); al occidente, las unidades hidrogeológicas se continúan mar adentro, bajo la plataforma marina. Al sur, las unidades hidrogeológicas se continúan en el territorio de Ecuador.

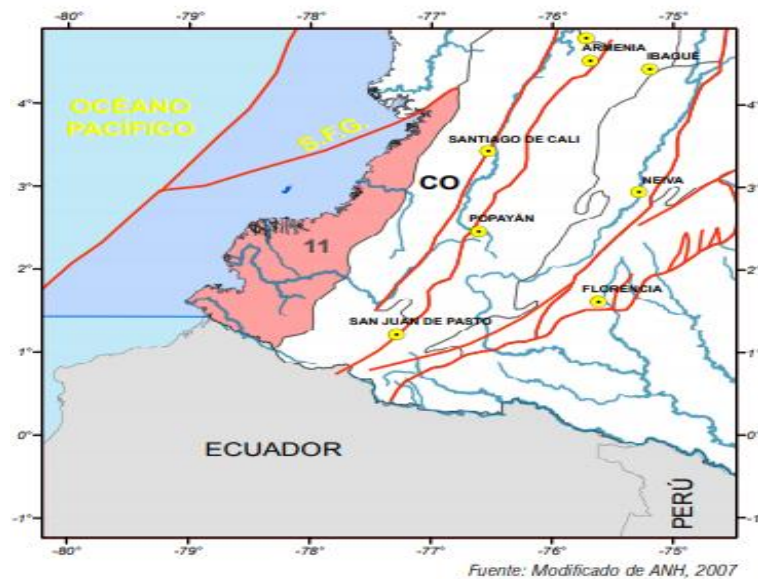


Figura 9. Provincia Hidrogeológica de Tumaco (Estudio Nacional del Agua. IDEAM 2010)

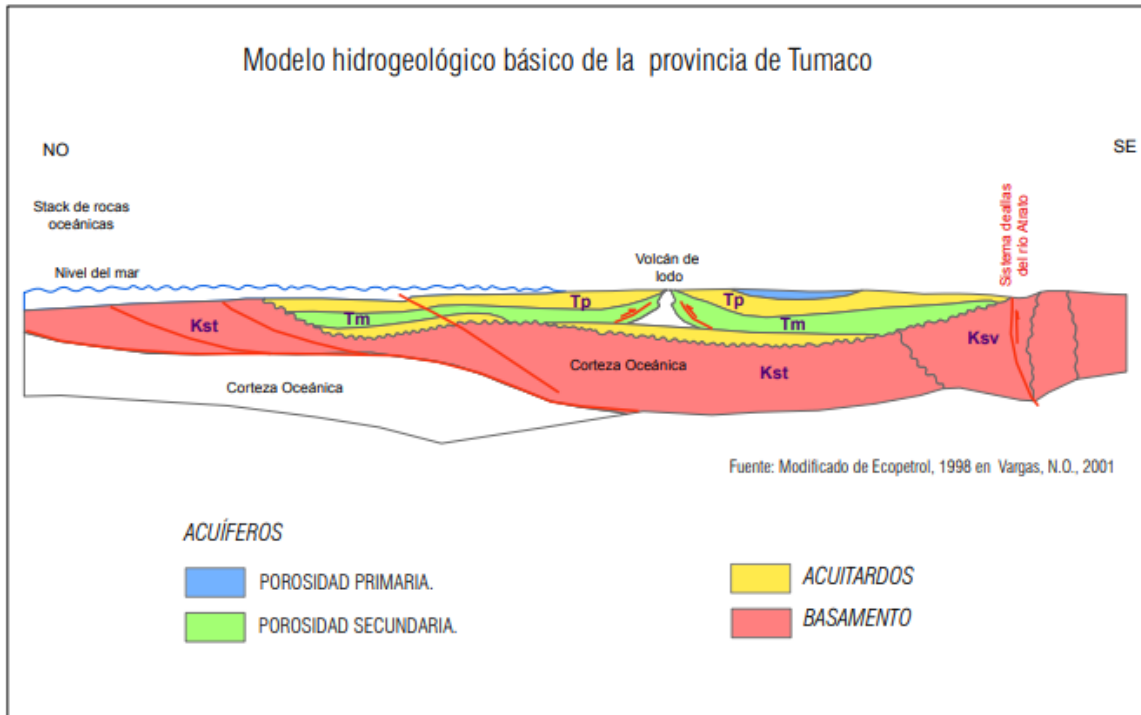


Figura 10. Modelo hidrogeológico básico de la provincia de Tumaco (Estudio Nacional del Agua. IDEAM 2010)

El sector más promisorio se encuentra en la zona occidental de la cuenca en las márgenes del río Mira, en el municipio de Tumaco, esta última fue la zona donde se realizaron los SEVs que a continuación se explican.

A continuación, se muestran los parámetros empleados durante la adquisición de datos:

<b>Proyecto:</b>	<b>Proyecto cuenca río Mira</b>
<b>Sondeos eléctricos verticales:</b>	SEV1, SEV2, SEV3, SEV4, SEV5, SEV6, SEV7.
<b>Fecha:</b>	15 - 20 noviembre 2019.
<b>Adquirido por:</b>	Perfolabing SAS
<b>Formato de adquisición:</b>	.dat
<b>Tipo de arreglo:</b>	Schlumberger.
<b>Espaciamiento electrodos:</b>	--
<b>Cantidad de electrodos:</b>	4
<b>Longitud AB máx:</b>	400m.
<b>Equipo:</b>	Subreme DC600
<b>Tipo:</b>	DC Resistivity

### 6.3. EQUIPO DE REGISTRO



Figura 11. Equipo de adquisición de datos de resistividad eléctrica. Subreme DC600

#### Especificaciones Técnicas:

- Potencia de salida: 600 w máximo.
- Voltaje de salida: 140 V máximo.
- Corriente de salida: 4 A máximo.
- Capacidad de electrodos: 24.
- Señal de salida: DC alternada.

#### Características Generales:

- Dimensiones: 14 x 21 x 27 cm.
- Peso unidad central: 5.2 Kg.
- Peso accesorios: 20 Kg.
- Fuente de poder: 12 VDC
- Temperatura de operación: -0 a + 40 °C
- Resistente a golpes: carcasa en polietileno de 6 mm.

#### Accesorios:

- 24 electrodos de acero inoxidable de alta conductividad.
- 2 carretes con 200m de cable AWG 18 (A y B).
- 2 carretes con 100m de cable AWG 18 (m y n).
- 2 carretes con 160 metros de cable AWG 18 con 24 salidas.
- Cables y conectores de adquisición multi electrodo (24 salidas).



## 6.4. RESULTADOS

### 6.4.1. RESULTADOS SEV1.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el SEV 1.



Figura 12. Vista en planta ubicación SEV 1.



Figura 13. Registro fotográfico SEV1

Tabla 15. Registro de datos para SEV 1.

SEV	1			Proyecto: Cuenca Río Mira, Tumaco Nariño			Fecha: 16 nov 2019		
Descripción:							SEV Nro. 01		
Zona:	Agrosavia						Observador: H. F. Giraldo		
Rumbo:	N-S						Instrumento: Subreme DC600		
Coordenadas:	17+ 755674mE 171463 mN						Dispositivo: schlumberger		
Observaciones generales de campo: Inicio 10:00 am Fin 11:35 pm. Cultivo de palma, dia nublado, sin lluvia.									
N°	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	Voltaje telurico	DC (mV)	DC (final)	I (mA)	pa	
1	0.9	0.2	6.0476	140	11650	11510	75.7	919.52	
2	1.2	0.2	10.996	150	2970	2820	45	689.08	
3	1.5	0.2	17.357	153	1950	1797	44.6	699.34	
4	2	0.2	31.102	157	787	630	53.3	367.62	
5	2.5	0.2	48.773	161	528	367	78.1	229.19	
6	3.2	0.2	80.111	162	380	218	77.5	225.34	
7	4	0.2	125.35	163	288	125	91.9	170.50	
8	3.2	1	14.514	-43	1289	1332	93.5	206.77	
9	4	1	23.562	-28	609	637	89.1	168.45	
10	5	1	37.699	-10	411	421	100.9	157.30	
11	6	1	54.978	-6	201	207	78.7	144.61	
12	8	1	98.96	-3.3	38.6	41.9	33.7	123.04	
13	10	1	155.51	1.3	58.2	56.9	76	116.43	
14	12	1	224.62	5.9	33.2	27.3	61.1	100.36	
15	15	1	351.86	9.4	17.4	8	33.1	85.04	
16	20	1	626.75	14	20	6	55.8	67.39	
17	25	1	980.18	17.7	33	15.3	260	57.68	
18	30	1	1412	23.5	28.9	5.4	133.9	56.94	
19	40	1	2512	28.5	29.7	1.2	57.1	52.79	
20	30	10	125.66	-15	10.6	25.6	68.3	47.10	
21	40	10	235.62	22	32.7	10.7	62.2	40.53	
22	50	10	376.99	49	50.6	1.6	17.4	34.67	
23	60	10	549.78	62.6	63.8	1.2	23.6	27.95	
24	75	10	867.86	74.9	78	3.1	109	24.68	
25	100	10	1555	87.3	87.9	0.6	62	15.05	
26	75	25	314.16	-195.5	-189.3	6.2	71.7	27.17	
27	100	25	589.05	-182.5	-179	3.5	106.9	19.29	
28	125	25	942.48	-166.4	-163.5	2.9	194.5	14.05	
29	150	25	1374	-151	-150.7	0.3	45.7	9.02	
30	175	25	1885	-138.9	-137.9	1	137.5	13.71	
31	200	25	2474	-129.7	-128.7	1	240	10.31	
32	175	100	323.98	-8	-4	4	89.6	14.46	
33	200	100	471.24	13.5	20.8	7.3	260	13.23	

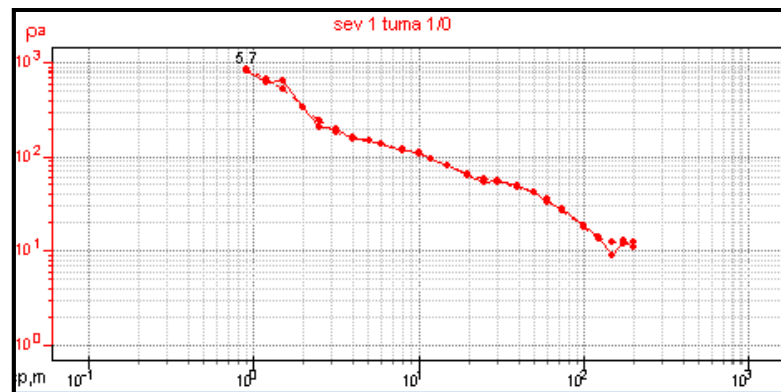


Figura 14. Curva de resistividades aparentes SEV1.

### 6.4.2. RESULTADOS SEV2.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el SEV 2.

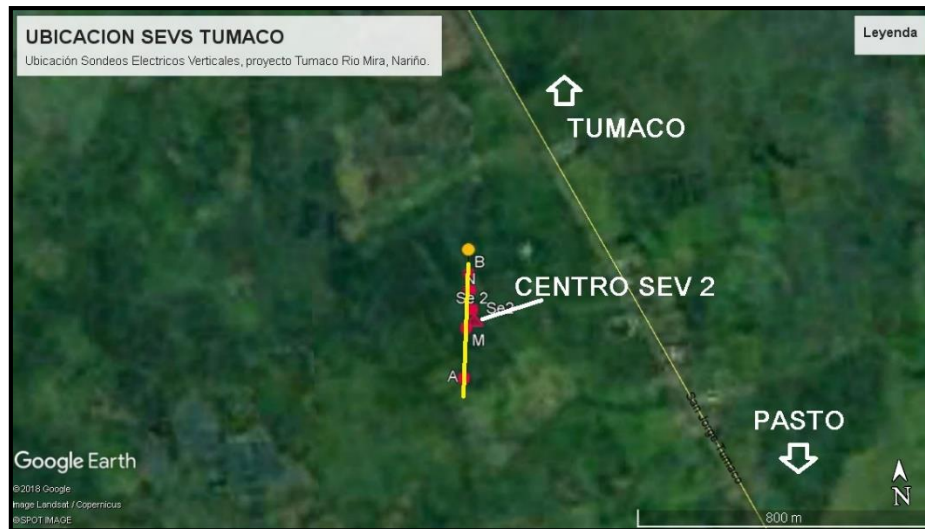


Figura 15. Vista en planta ubicación SEV 2.



Figura 16. Registro fotográfico SEV2.

Tabla 16. Registro de datos para SEV 2.

SEV	2		Proyecto: Cuenca Rio Mira, Tumaco Nariño			Fecha: 16 nov 2019		
Descripción:						SEV Nro. 02		
Zona:	UNAL Tumaco					Observador: H. F. Giraldo		
Rumbo:	N-S					Instrumento: Subreme DC600		
Coordenadas:	17+ 753200mE 178101 mN					Dispositivo: Schlumberger		
Observaciones generales de campo: Inicio 2:00 pm Fin 4:00 pm. Centro en mata de guadua, día nubado, sin lluvia, predios de la universidad nacional, cerca a cultivo de cacao y líneas de alta tensión ( $\pm 100m$ ). Vereda KM31 vía Tumaco Pasto.								
N°	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	Voltaje telurico	DC (mV)	DC (final)	I (mA)	pa
1	0.9	0.2	6.0476	25	12190	12165	51.9	1417.52
2	1.2	0.2	10.996	18	3500	3482	50.3	761.19
3	1.5	0.2	17.357	16	2800	2784	54.6	885.02
4	2	0.2	31.102	16	1207	1191	54	685.97
5	2.5	0.2	48.773	14	594	580	48.8	579.68
6	3.2	0.2	80.111	14	470	456	74.3	491.66
7	4	0.2	125.35	13	258	245	59.9	512.70
8	3.2	1	14.514	58	1420	1362	64.3	307.43
9	4	1	23.562	55	864	809	57.7	330.36
10	5	1	37.699	54	371	317	39.2	304.86
11	6	1	54.978	46	204	158	35.4	245.38
12	8	1	98.96	44	114	70	41	168.96
13	10	1	155.51	35.3	74.1	38.8	49.6	121.65
14	12	1	224.62	33.1	58.8	25.7	62.8	91.92
15	15	1	351.86	31	47.9	16.9	80.9	73.50
16	20	1	626.75	29.2	35.7	6.5	69.6	58.53
17	25	1	980.18	23	26.4	3.4	72.3	46.09
18	30	1	1412	18.5	20	1.5	55	38.51
19	40	1	2512	10.5	11.3	0.8	62.9	31.95
20	30	10	125.66	124	139.2	15.2	42	45.48
21	40	10	235.62	108	117.1	9.1	64.2	33.40
22	50	10	376.99	94.8	97.7	2.9	41.2	26.54
23	60	10	549.78	84.5	85.9	1.4	35.8	21.50
24	75	10	867.86	75.2	76	0.8	48.8	14.23
25	100	10	1555	42.2	44	1.8	220	12.72
26	75	25	314.16	-37	-34.6	2.4	46.3	16.28
27	100	25	589.05	-11	-7.3	3.7	168	12.97
28	125	25	942.48	0	2.3	2.3	200	10.84
29	150	25	1374	14.35	15.7	1.35	220	8.43
30	175	25	1885	17.5	18	0.5	126.1	7.47
31	200	25	2474	18.3	19	0.7	220	7.87
32	175	50	883.57	28	31	3	320	8.28
33	200	50	1178	2.5	3.4	0.9	168.6	6.29

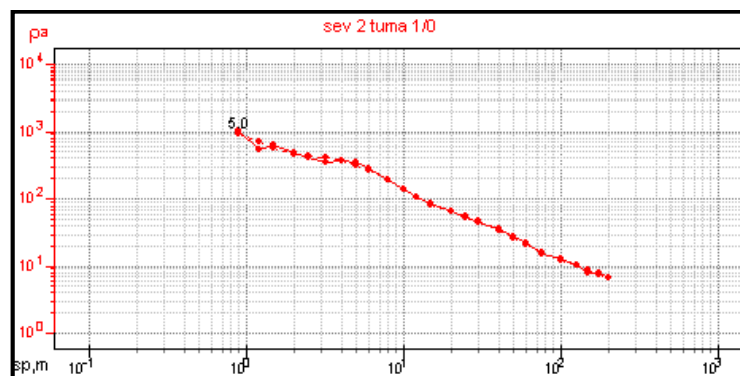


Figura 17. Curva de resistividades aparentes SEV2.

### 6.4.3. RESULTADOS SEV3.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el SEV 3.



Figura 18. Vista en planta ubicación SEV 3.



Figura 19. Registro fotográfico SEV3.

Tabla 17. Registro de datos para SEV 3.

SEV	3			Proyecto: Cuenca Río Mira, Tumaco Nariño			Fecha: 17 nov 2019		
Descripción:							SEV Nro. 03		
Zona:	Pueblo Nuevo			Observador: H. F. Giraldo					
Rumbo:	N-S			Instrumento: Subreme DC600					
Coordenadas:	17+ 759566mE 166830 mN						Dispositivo: schlumberger		
Observaciones generales de campo: Inicio 9:00 am Fin 11:00 pm. Cultivo de palma, día nublado, suelo humedo, brisa en la mañana, líneas de alt a tensión en la zona.									
N°	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	Voltaje telurico	DC (mV)	DC (final)	I (mA)	pa	
1	0.9	0.2	6.0476	70	7390	7320	22	2012.20	
2	1.2	0.2	10.996	70	3300	3230	22.2	1599.87	
3	1.5	0.2	17.357	68	1887	1819	23.5	1343.51	
4	2	0.2	31.102	69	637	568	20.1	878.90	
5	2.5	0.2	48.773	69	456	387	27.8	678.96	
6	3.2	0.2	80.111	69	250	181	30.8	470.78	
7	4	0.2	125.35	69	142	73	32.4	282.42	
8	3.2	1	14.514	29	1015	986	27.4	522.29	
9	4	1	23.562	17	378	361	33.2	256.20	
10	5	1	37.699	11	160	149	27.6	203.52	
11	6	1	54.978	-5	85.7	90.7	29.2	170.77	
12	8	1	98.96	-9.5	36.3	45.8	30.1	150.58	
13	10	1	155.51	-20	9.2	29.2	36.7	123.73	
14	12	1	224.62	-26	-4.3	21.7	43.8	111.28	
15	15	1	351.86	-41	-33.1	7.9	31.4	88.53	
16	20	1	626.75	-57	-54.2	2.8	24.6	71.34	
17	25	1	980.18	-115	-112	3	56.6	51.95	
18	30	1	1412	-177.5	-173.3	4.2	88.8	66.78	
19	40	1	2512	-171.5	-170.2	1.3	66	49.48	
20	30	10	125.66	-18.5	32.6	51.1	89.1	72.07	
21	40	10	235.62	-39	-15.6	23.4	83.9	65.72	
22	50	10	376.99	-61	-46.2	14.8	80.5	69.31	
23	60	10	549.78	-78	-45.4	32.6	280	64.01	
24	75	10	867.86	-95	-80.5	14.5	178.9	70.34	
25	100	10	1555	-104.6	-92.3	12.3	290	65.95	
26	75	25	314.16	20	61.6	41.6	185.3	70.53	
27	100	25	589.05	-15	-7.3	7.7	66.8	67.90	
28	125	25	942.48	-31	-25	6	88.6	63.82	
29	150	25	1374	-54.4	-52.3	2.1	52.5	54.96	
30	175	25	1885	-55.9	-53.8	2.1	77.7	50.95	
31	200	25	2474	-45.6	-44.3	1.3	76	42.32	
32	175	50	883.57	-88	-84.2	3.8	65.9	50.95	
33	200	50	1178	-84	-81	3	70.8	49.92	

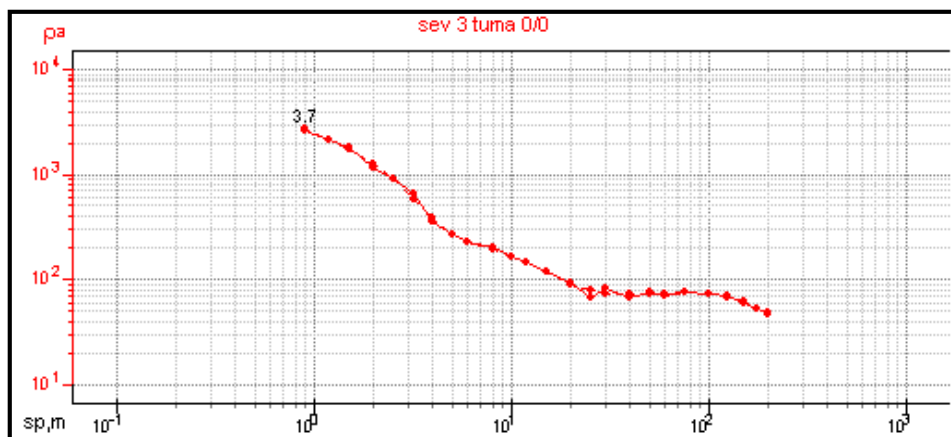


Figura 20. Curva de resistividades aparentes SEV3.

#### 6.4.4. RESULTADOS SEV4.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el SEV 4.



Figura 21. Vista en planta ubicación SEV 4.

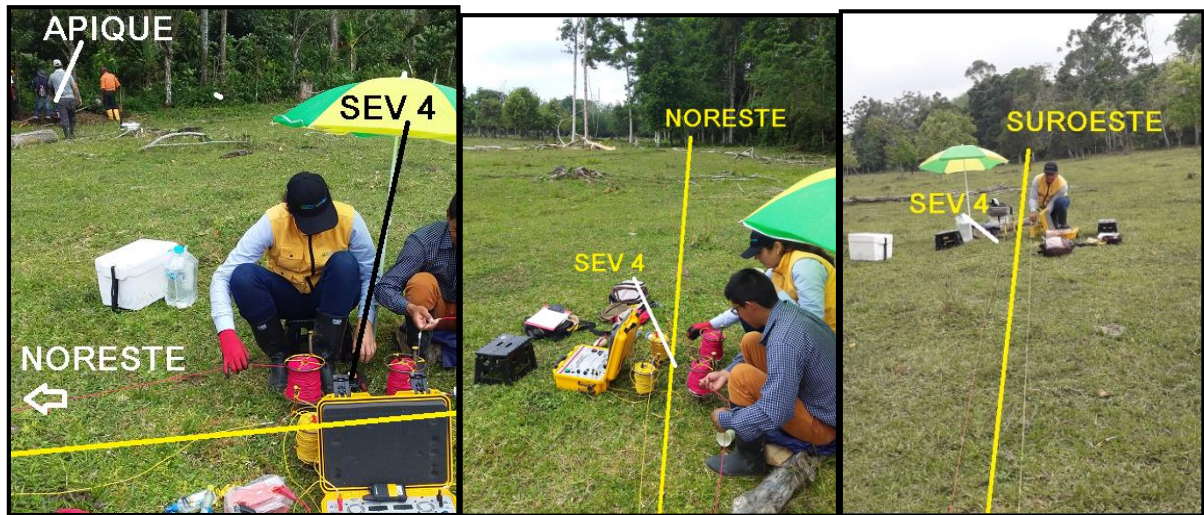


Figura 22. Registro fotográfico SEV4



Tabla 18. Registro de datos para SEV 4.

SEV	4			Proyecto: Cuenca Río Mira, Tumaco Nariño			Fecha: 18 nov 2019		
Descripción:							SEV Nro. 04		
Zona:	Santo Domingo						Observador: H. F. Giraldo		
Rumbo:	NE-SO						Instrumento: Subreme DC600		
Coordenadas:	17+ 738600mE 176110 mN						Dispositivo: schlumberger		
Observaciones generales de campo: Inicio 10:00 am Fin 11:50 pm. Vereda Santo Domingo, potrero, varia orientación por presencia de zonas pantanosas.									
N°	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	Voltaje telurico	DC (mV)	DC (final)	I (mA)	pa	
1	0.9	0.2	6.0476	75	5340	5265	26.5	1201.53	
2	1.2	0.2	10.996	72	2590	2518	44	629.27	
3	1.5	0.2	17.357	73	706	633	31.7	346.59	
4	2	0.2	31.102	73	407	334	31.9	325.64	
5	2.5	0.2	48.773	73	279	206	41.4	242.69	
6	3.2	0.2	80.111	72	154	82	31.9	205.93	
7	4	0.2	125.35	61.1	116	54.9	40.4	170.34	
8	3.2	1	14.514	17	366	349	32.1	157.80	
9	4	1	23.562	29	283	254	46.6	128.43	
10	5	1	37.699	32	194	162	49.8	122.64	
11	6	1	54.978	33	126	93	51.3	99.67	
12	8	1	98.96	24.5	84.4	59.9	66.3	89.41	
13	10	1	155.51	26.5	63.7	37.2	65.8	87.92	
14	12	1	224.62	27.6	71.2	43.6	106.6	91.87	
15	15	1	351.86	29	59.9	30.9	109	99.75	
16	20	1	626.75	32.1	40.6	8.5	58.7	90.76	
17	25	1	980.18	34.1	43	8.9	105.3	82.85	
18	30	1	1412	35.5	38.7	3.2	60.7	74.44	
19	40	1	2512	36.7	39.5	2.8	135.3	51.99	
20	30	10	125.66	-92	-52.5	39.5	65.7	75.55	
21	40	10	235.62	-146	-108.6	37.4	158.4	55.63	
22	50	10	376.99	-152.8	-134.1	18.7	185.2	38.07	
23	60	10	549.78	-154.1	-145.2	8.9	172.6	28.35	
24	75	10	867.86	-148	-136.9	11.1	570	16.90	
25	100	10	1555	-137.3	-134.8	2.5	410	9.48	
26	75	25	314.16	-156	-111.4	44.6	650	21.56	
27	100	25	589.05	-178.1	-172	6.1	340	10.57	
28	125	25	942.48	-164.5	-163.4	1.1	150	6.91	
29	150	25	1374	-136.5	-136	0.5	134	5.13	
30	175	25	1885	-126	-125.6	0.4	124.7	6.05	
31	200	25	2474	-115.9	-115.6	0.3	104	7.14	
32	175	50	883.57	245	247	2	117.6	15.03	
33	200	50	1178	247	248	1	98.3	11.98	

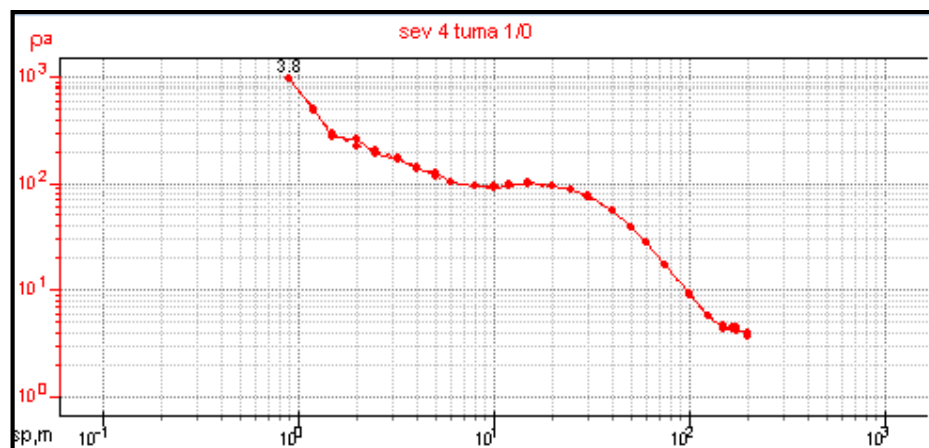


Figura 23. Curva de resistividades aparentes SEV4

### 6.4.5. RESULTADOS SEV5.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el SEV 5.



Figura 24. Vista en planta ubicación SEV 5.



Figura 25. Registro fotográfico SEV5.

Tabla 19. Registro de datos para SEV 5.

SEV	5			Proyecto: Cuenca Río Mira, Tumaco Nariño			Fecha: 19 nov 2019		
Descripción:							SEV Nro. 05		
Zona:	Puerto Nidia						Observador: H. F. Giraldo		
Rumbo:	N-S						Instrumento: Subreme DC600		
Coordenadas:	17+ 747856mE 181996 mN						Dispositivo: schlumberger		
Observaciones generales de campo: Inicio 7:50 am Fin 10:00 pm. Cultivo de cacao y parte de la línea en zona utilizada anteriormente para el cultivo de arroz, día nublado, lluvia leve, piso húmedo, presencia de raíces arboles de cacao.									
N°	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	Voltaje telurico	DC (mV)	DC (final)	I (mA)	pa	
1	0.9	0.2	6.0476	10	7720	7710	700	66.61	
2	1.2	0.2	10.996	-10	4110	4120	670	67.62	
3	1.5	0.2	17.357	-15	2980	2995	630	82.51	
4	2	0.2	31.102	-20	2530	2550	690	114.94	
5	2.5	0.2	48.773	-25	1623	1648	570	141.01	
6	3.2	0.2	80.111	-34	1426	1460	700	167.09	
7	4	0.2	125.35	-43	836	879	550	200.33	
8	3.2	1	14.514	150	4600	4450	710	90.97	
9	4	1	23.562	110	2850	2740	580	111.31	
10	5	1	37.699	72	1825	1753	540	122.38	
11	6	1	54.978	58	1734	1676	660	139.61	
12	8	1	98.96	46	682	636	420	149.85	
13	10	1	155.51	17	473	456	470	150.88	
14	12	1	224.62	5	268	263	410	144.09	
15	15	1	351.86	-4	122	126	320	138.54	
16	20	1	626.75	-20	78	98	630	97.49	
17	25	1	980.18	-35	2	37	410	88.46	
18	30	1	1412	-79	-48	31	495	88.43	
19	40	1	2512	-100	-92	8	270	74.43	
20	30	10	125.66	-24	216	240	420	71.81	
21	40	10	235.62	-85	-53.7	31.3	280	26.34	
22	50	10	376.99	-108	-91.5	16.5	280	22.22	
23	60	10	549.78	-166	-158.3	7.7	200	21.17	
24	75	10	867.86	-180.8	-175.2	5.6	230	21.13	
25	100	10	1555	-175	-151	24	55.2	676.09	
26	75	25	314.16	-125	-106.6	18.4	270	21.41	
27	100	25	589.05	-192	-161	31	43.5	419.78	
28	125	25	942.48	-114	-87	27	79.1	321.71	
29	150	25	1374	-143.3	-142.9	0.4	44.1	12.46	
30	175	25	1885	-143.6	-143.1	0.5	41.2	22.88	
31	200	25	2474	-144.8	-144.3	0.5	54.6	22.66	
32	200	50	1178	30	31	1	53.2	22.14	

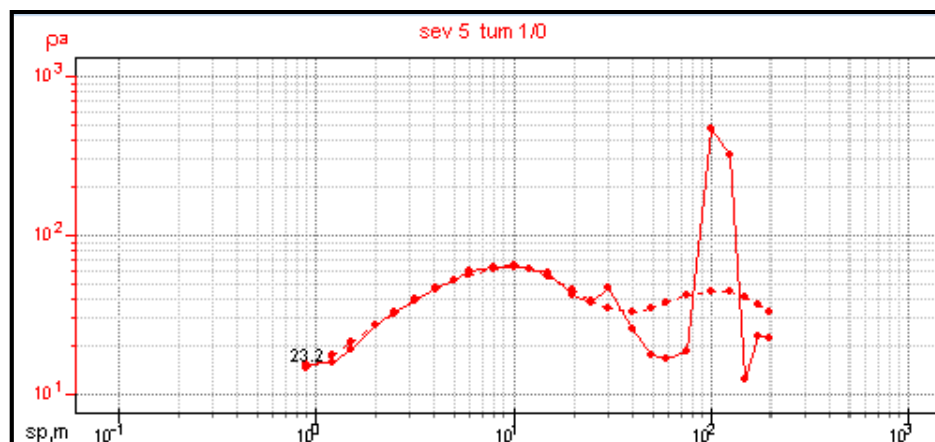


Figura 26. Curva de resistividades aparentes SEV5.

6.4.6. RESULTADOS SEV6.  
A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el SEV 6.



Figura 27. Vista en planta ubicación SEV 6.



Figura 28. Registro fotográfico SEV6.

Tabla 20. Registro de datos para SEV

SEV	6	Proyecto: Cuenca Río Mira, Tumaco Nariño				Fecha: 19 nov 2019			
Descripción:					SEV Nro. 06				
Zona:	Sandamia				Observador: H. F. Giraldo				
Rumbo:	N-S				Instrumento: Subreme DC600				
Coordenadas: 17+ 743751mE 172646 mN				Dispositivo: schlumberger					
Observaciones generales de campo: Inicio 12:00 pm Fin 2:00 pm. Cultivo de palma, predios Palmas de Tumaco SAS, Variaciones de topografía suaves, zona de arcillas rojas, suelo un poco mas duro comparado con el de los sondeos anteriores.									
N°	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	Voltaje telurico	DC (mV)	DC (final)	I (mA)	pa	
1	0.9	0.2	6.0476	-31	8610	8641	110.7	472.06	
2	1.2	0.2	10.996	-20	3810	3830	98	429.74	
3	1.5	0.2	17.357	-25	3040	3065	109.8	484.51	
4	2	0.2	31.102	-28	880	908	89	317.31	
5	2.5	0.2	48.773	-30	480	510	94.2	264.06	
6	3.2	0.2	80.111	-32	234	266	105	202.95	
7	4	0.2	125.35	-33	62	95	84.5	140.93	
8	3.2	1	14.514	52	1219	1167	88.8	190.74	
9	4	1	23.562	54	502	448	96	109.96	
10	5	1	37.699	59	286	227	113.6	75.33	
11	6	1	54.978	67	191	124	134	50.88	
12	8	1	98.96	70	113	43	110.5	38.51	
13	10	1	155.51	70	101	31	126.5	38.11	
14	12	1	224.62	53.3	68.4	15.1	90.7	37.40	
15	15	1	351.86	56	72.4	16.4	160.4	35.98	
16	20	1	626.75	65.8	75.7	9.9	175.6	35.33	
17	25	1	980.18	65.9	72.5	6.6	187.2	34.56	
18	30	1	1412	61.3	62.1	0.8	38.2	29.57	
19	40	1	2512	57.4	57.6	0.2	21.2	23.70	
20	30	10	125.66	-94	-84.3	9.7	39.7	30.70	
21	40	10	235.62	-76	-71	5	41.5	28.39	
22	50	10	376.99	-69	-63.1	5.9	56.4	39.44	
23	60	10	549.78	-65.9	-62	3.9	47.3	45.33	
24	75	10	867.86	-55	-51.2	3.8	60.3	54.69	
25	100	10	1555	-47	-46.5	0.5	12.9	60.27	
26	75	25	314.16	-133	-124.1	8.9	53.5	52.26	
27	100	25	589.05	-133.4	-122.9	10.5	91.9	67.30	
28	125	25	942.48	-130.6	-127.7	2.9	36.1	75.71	
29	150	25	1374	-128	-125.1	2.9	51.1	77.98	
30	175	25	1885	-123.5	-119.9	3.6	81.5	83.26	
31	200	25	2474	-116	-113.7	2.3	62.2	91.48	
32	175	50	883.57	16.8	25.5	8.7	65.9	116.65	
33	200	50	1178	17.6	25.1	7.5	74.6	118.43	

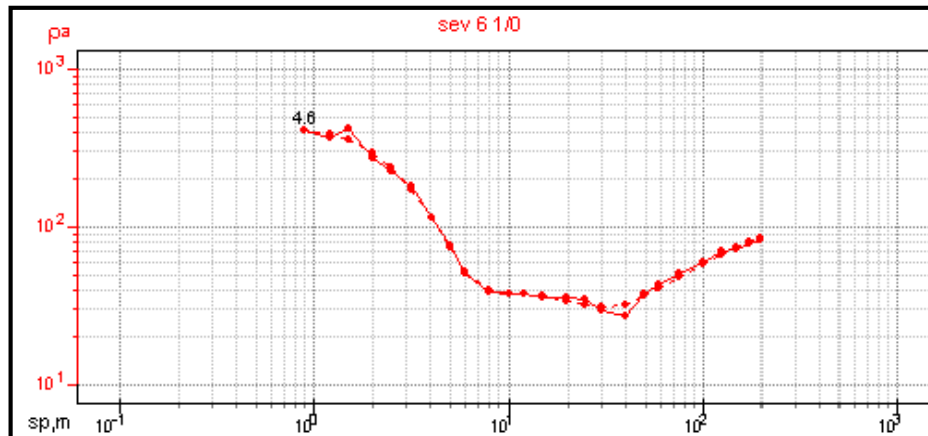


Figura 29. Curva de resistividades aparentes SEV6.

6.4.7. RESULTADOS SEV7.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el SEV 7.



Figura 30. Vista en planta ubicación SEV 7.



Figura 31. Registro fotográfico SEV7

Tabla 21. Registro de datos para SEV 7.

SEV	7	Proyecto: Cuenca Rio Mira, Tumaco Nariño		Fecha: 19 nov 2019				
Descripción:		SEV Nro. 07		Observador: H. F. Giraldo				
Zona: Palmas Tumaco				Instrumento: Subreme DC600				
Rumbo: N-S				Dispositivo: schlumberger				
Coordenadas: 17+ 746562mE 167202 mN								
Observaciones generales de campo: Inicio 2:34 pm Fin 3:45 pm. Cultivo de palma, variaciones de topografía no muy pronunciadas, suelo de arcillas rojas, predios Palmas de Tumaco SAS.								
N°	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	Voltaje telurico	DC (mV)	DC (final)	I (mA)	pa
1	0.9	0.2	6.0476	-10	8210	8220	39.7	1252.17
2	1.2	0.2	10.996	-20	2190	2210	28.1	864.81
3	1.5	0.2	17.357	-25	1046	1071	23.1	804.73
4	2	0.2	31.102	-27	516	543	27.8	607.50
5	2.5	0.2	48.773	-31	254	285	27.3	509.17
6	3.2	0.2	80.111	-34	126	160	33.7	380.35
7	4	0.2	125.35	-38	77	115	42.9	336.02
8	3.2	1	14.514	41	860	819	32.8	362.41
9	4	1	23.562	41	538	497	38	308.17
10	5	1	37.699	36	486	450	57.4	295.55
11	6	1	54.978	28	306	278	53.4	286.22
12	8	1	98.96	25	132	107	40.9	258.89
13	10	1	155.51	9.5	65.1	55.6	39.3	220.01
14	12	1	224.62	6.8	53	46.2	60.1	172.67
15	15	1	351.86	3.5	30.7	27.2	72.7	131.65
16	20	1	626.75	1	12.3	11.3	94.3	75.10
17	25	1	980.18	-1.2	2.5	3.7	96.9	37.43
18	30	1	1412	-3.4	-3.1	0.3	35.5	11.93
19	40	1	2512	-5.4	-4.8	0.6	92.4	16.31
20	30	10	125.66	153	161	8	36.6	27.47
21	40	10	235.62	142	150	8	94.2	20.01
22	50	10	376.99	132	137	5	95.1	19.82
23	60	10	549.78	110	113.8	3.8	99.5	21.00
24	75	10	867.86	82	84.5	2.5	105.9	20.49
25	100	10	1555	54	54.7	0.7	66.1	16.47
26	75	25	314.16	46	50.6	4.6	67.1	21.54
27	100	25	589.05	59.4	61.5	2.1	54.6	22.66
28	125	25	942.48	53.3	54.7	1.4	62.9	20.98
29	150	25	1374	43.7	44.2	0.5	31.2	22.02
30	175	25	1885	28	29	1	73.7	25.58
31	200	25	2474	12	12.8	0.8	82.4	24.02
32	175	50	883.57	-63.8	-61.8	2	75.6	23.37
33	200	50	1178	-75.1	-74	1.1	60.1	21.56

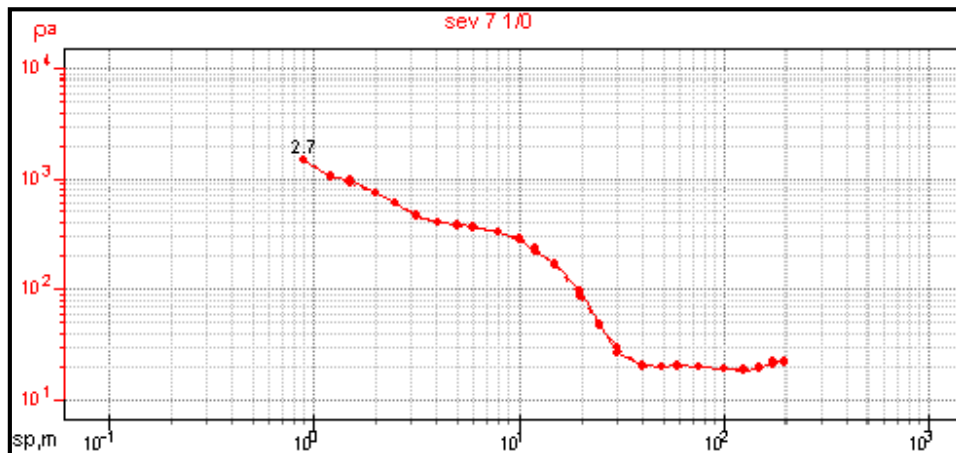


Figura 32. Curva de resistividades aparentes SEV7.

## 6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del procesamiento de inversión de los datos de cada Sondeo eléctrico vertical, mediante el software Interpex XI1D; para cada uno de los SEV's presenta los principales parámetros, así como una gráfica donde se observa el modelo teórico que más se ajusta a los datos de campo representado por una línea continua, mientras los datos de cada SEV son los puntos, además se muestra una tabla donde aparece el número de capas obtenido por la inversión con su respectivo espesor, profundidad y la correlación litológica de cada una.

Los datos se pasaron por filtros que evitan la falta de continuidad en las curvas de resistividad aparente y también se eliminaron datos abruptos, para de esta manera disminuir el error RMS% el cual, significa la diferencia entre el modelo teórico y la curva de resistividad aparente tomada en campo.

En la **Tabla 22** se presentan los principales parámetros de cada SEV.

Tabla 22. Principales parámetros de cada SEV

ID	x (Este)	y (Norte)	Azimut	RMS%	Profundidad Maxima (m)
SEV 1	1153072,184	663207,263	3,56	8,2	89,7
SEV 2	1150588,964	669848,546	3,81	8,3	60,4
SEV 3	1156954,45	658576,508	84	7,5	115
SEV 4	1136007,077	667864,16	348,14	7,6	89,83
SEV 5	1145244,864	673742,32	17,6	5,2	73,29
SEV 6	1141150,286	664397,825	1,31	8,6	77,43
SEV 7	1143945,145	658953,701	0,29	7,7	84,19

### 6.5.1. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL – SEV 01

Las coordenadas centrales del sondeo fueron E: 1153072, N: 663207, la longitud total del sondeo AB/2 fue de 200 metros, su azimut 4°, su RMS% (error entre modelo teórico y los datos) 8,2% y la profundidad máxima alcanzada fue de 89.7 metros, en la **Figura 33** se muestra su inversión y en la **Tabla 23** el modelo de capas interpretado. El nivel freático en este sondeo fue detectado a los 1.25 m.



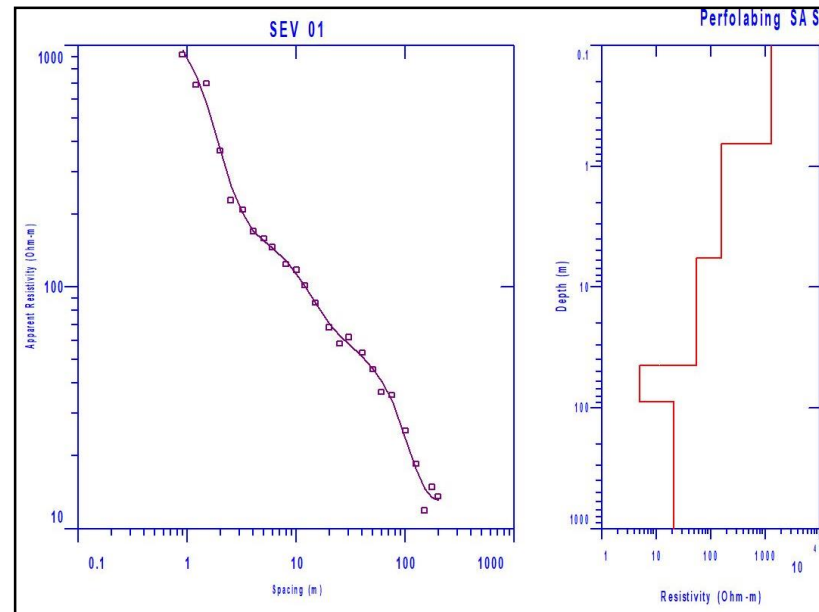


Figura 33. Inversión del EI SEV 01

Los puntos son los datos de campo la línea continua el modelo teórico y la línea roja en la parte derecha el perfil de resistividad en profundidad

Tabla 23. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 01.

CAPA	RESISTIVIDAD PROMEDIO ohm-m.	ESPESOR m.	PROFUNDIDAD m.	LITOLOGIA
1	1288.6	0.646	0.646	Suelo arenoso seco
2	155.8	5.09	5.74	Intercalaciones de arenas y arenas algo gravosas, Llanura Aluvial
3	55.08	38.93	44.68	Intercalaciones de tobas volcánicas y gravas volcánicas en matriz limosa, Formación Glacis El Diviso
4	5.03	45.03	89.71	Intercalaciones de arcillas y lodos, Terrazas antiguas

## 6.5.2. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL – SEV 02

Las coordenadas centrales del sondeo fueron E: 1150588, N: 669848, la longitud total del sondeo AB/2 fue de 200 metros, su azimut 4°, su RMS% (error entre modelo teórico y los datos) 8,3% y la profundidad máxima alcanzada fue de 60.4 metros, en la Figura 34 se muestra su inversión y en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 24 el modelo de capas interpretado. El nivel freático en este sondeo fue detectado a los 0.60 m.

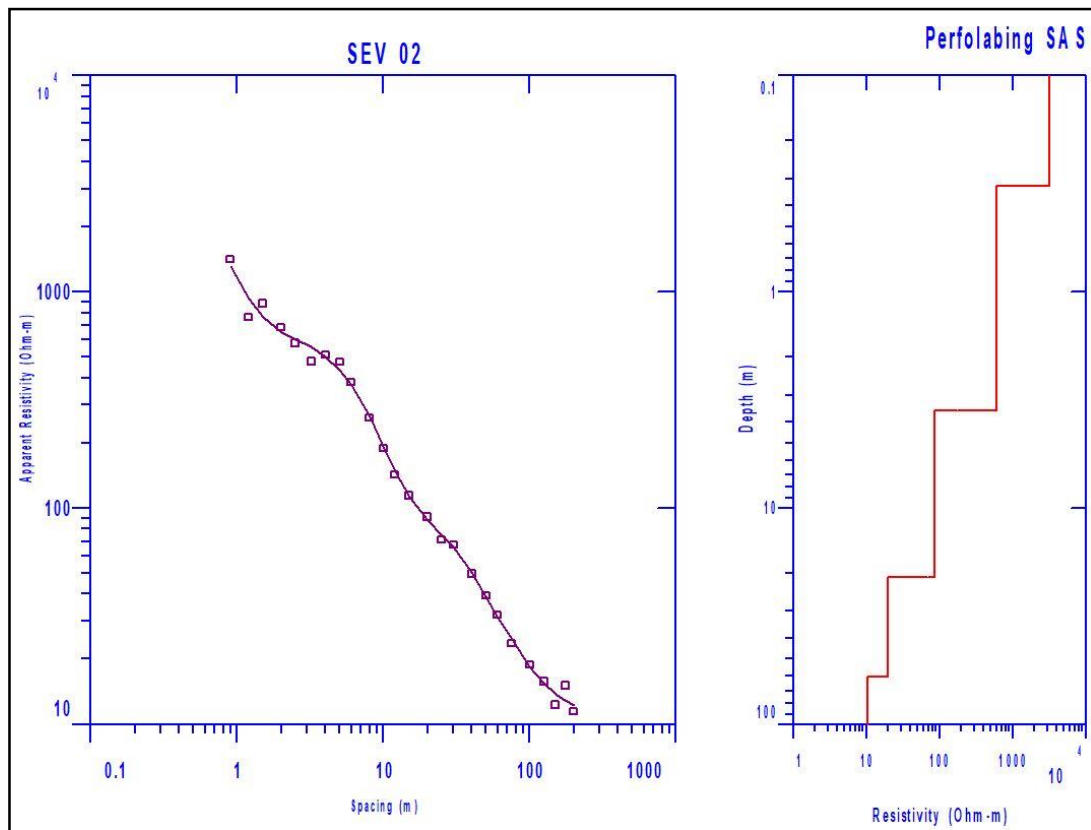


Figura 34. Inversión del EI SEV 02

Los puntos son los datos de campo la línea continua el modelo teórico y la línea roja en la parte derecha el perfil de resistividad en profundidad

Tabla 24. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 02.

CAPA	RESISTIVIDAD PROMEDIO ohm-m.	ESPESOR m.	PROFUNDIDAD m.	LITOLOGIA
1	3180.1	0.322	0.322	Suelo arenoso seco
2	598.5	3.22	3.54	Intercalaciones de gravas con matriz arenosa y arenas gravosas, Llanura de Inundación
3	87.26	17.26	20.81	Intercalaciones de gravas volcánicas con matriz limosa y tobas volcánicas, Formación Glacis El Diviso
4	19.76	39.63	60.44	Intercalaciones de limos y limos arenosos, Terrazas Antiguas

### 6.5.3. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL – SEV 03

Las coordenadas centrales del sondeo fueron E: 1150588, N: 669848, la longitud total del sondeo AB/2 fue de 200 metros, su azimut  $84^\circ$ , su RMS% (error entre modelo teórico y los datos) 7,5% y la profundidad máxima alcanzada fue de 115.5 metros, en la **Figura 35** se muestra su inversión y en la **Tabla 25** el modelo de capas interpretado. El nivel freático fue detectado a los 1.2 m.

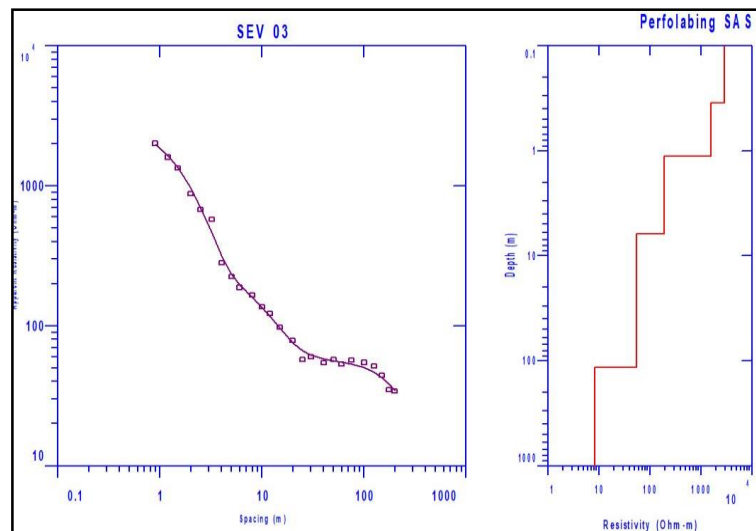


Figura 35. Inversión del EI SEV 03

Los puntos son los datos de campo la línea continua el modelo teórico y la línea roja en la parte derecha el perfil de resistividad en profundidad

Tabla 25. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 03.

CAPA	RESISTIVIDAD PROMEDIO ohm-m.	ESPESOR m.	PROFUNDIDAD m.	LITOLOGIA
1	2861.0	0.351	0.351	Suelo areno gravoso seco
2	1559.2	0.777	1.12	Nivel de gravas con matriz arenosa, Llanura de Inundación
3	189.6	5.04	6.17	Intercalaciones de arenas y arenas algo gravosas, Llanura Aluvial
4	55.05	108.8	115.0	Intercalaciones de tobas volcánicas y gravas volcánicas en matriz limosa, Formación Glacis El Diviso

#### 6.5.4. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL – SEV 04

Las coordenadas centrales del sondeo fueron E: 1136007, N: 667864, la longitud total del sondeo AB/2 fue de 200 metros, su azimuth 348°, su RMS% (error entre modelo teórico y los datos) 7,6% y la profundidad máxima alcanzada fue de 89.83 metros, en la **Figura 36** se muestra su inversión y en la **Tabla 26** el modelo de capas interpretado. El nivel freático fue detectado a los 0.60m.

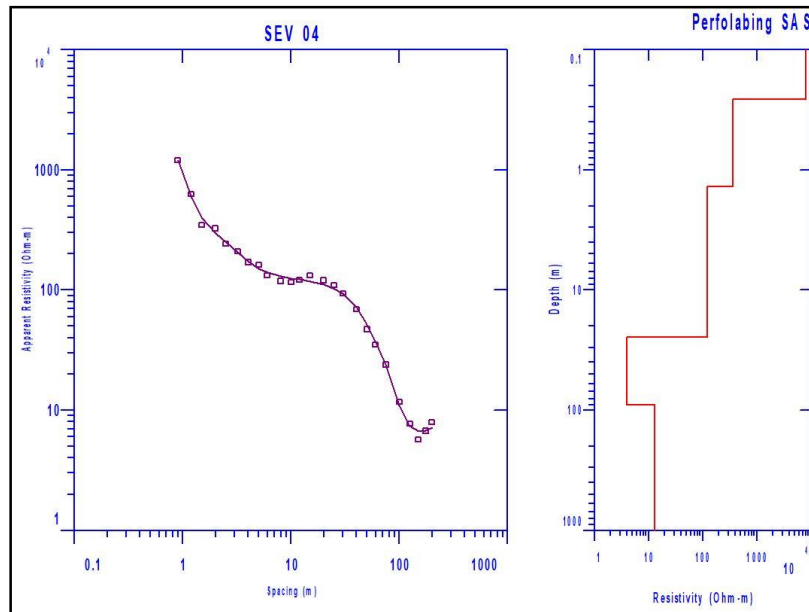


Figura 36. Inversión del EI SEV 04

Los puntos son los datos de campo la línea continua el modelo teórico y la línea roja en la parte derecha el perfil de resistividad en profundidad

Tabla 26. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 04.

CAPA	RESISTIVIDAD PROMEDIO ohm-m.	ESPESOR m.	PROFUNDIDAD m.	LITOLOGIA
1	8088.0	0.257	0.257	Suelo gravoso seco
2	361.3	1.11	1.37	Nivel de intercalaciones de gravas arenosas, Llanura de Inundación
3	122.0	23.27	24.64	Intercalaciones de gravas volcánicas en matriz limo arenosas y algunas tobas volcánicas, Formación Glacis El Diviso
4	3.93	65.19	89.83	Intercalaciones de arcillas y lodos, Terrazas antiguas

### 6.5.5. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL – SEV 05

Las coordenadas centrales del sondeo fueron E: 1145244, N: 673742, la longitud total del sondeo AB/2 fue de 200 metros, su azimut  $18^\circ$ , su RMS% (error entre modelo teórico y los datos) 5,2% y la profundidad máxima alcanzada fue de 73,29.1 metros, en la Figura 37 muestra su inversión y en la **Tabla 27** el modelo de capas interpretado. El nivel freático fue detectado a los 0.78 m.

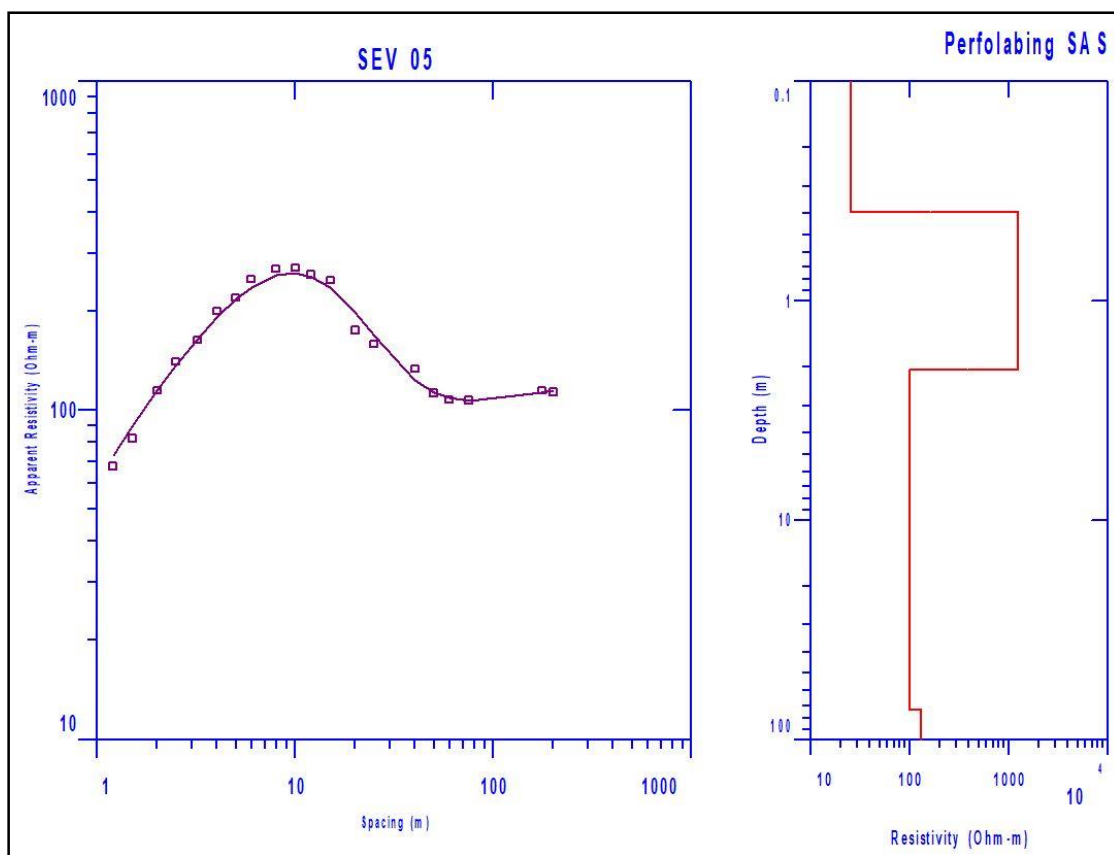


Figura 37. Inversión del EI SEV 05

Los puntos son los datos de campo la línea continua el modelo teórico y la línea roja en la parte derecha el perfil de resistividad en profundidad

Tabla 27. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 05.

CAPA	RESISTIVIDAD PROMEDIO ohm-m.	ESPESOR m.	PROFUNDIDAD m.	LITOLOGIA
1	25.80	0.395	0.395	Suelo lodoso
2	1251.3	1.66	2.05	Nivel de intercalaciones de gravas clasto soportadas, con algo de matriz arenosa, Llanura de Inundación
3	100.4	71.23	73.29	Intercalaciones de gravas volcánicas con matriz limosa y tobas volcánicas, Formación Glacis El Diviso

#### 6.5.6. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL – SEV 06

Las coordenadas centrales del sondeo fueron E: 1141150, N: 664397, la longitud total del sondeo AB/2 fue de 200 metros, su azimut 1°, su RMS% (error entre modelo teórico y los datos) 8,6% y la profundidad máxima alcanzada fue de 77.43 metros, en la **Figura 38** se muestra su inversión y en la **Tabla 28** el modelo de capas interpretado. El nivel freático fue detectado a los 3.20 m.

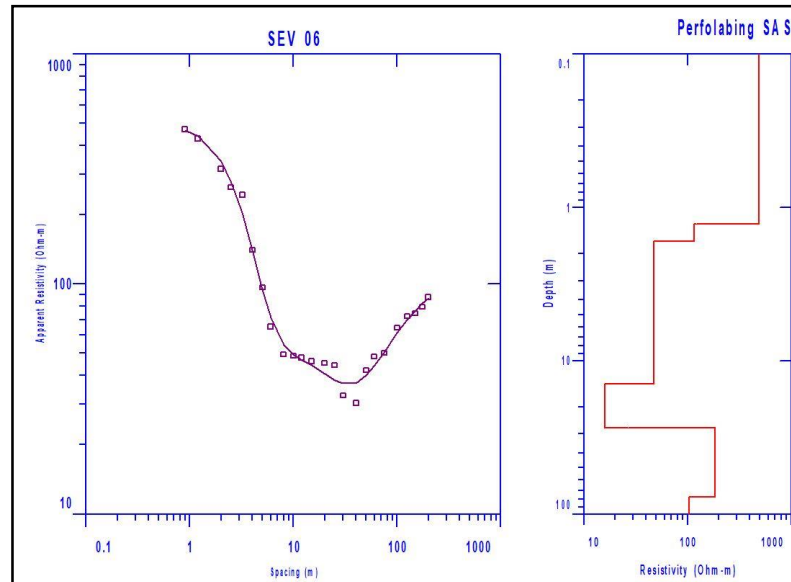


Figura 38. Inversión del EI SEV 06

Los puntos son los datos de campo la línea continua el modelo teórico y la línea roja en la parte derecha el perfil de resistividad en profundidad

Tabla 28. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 06.

CAPA	RESISTIVIDAD PROMEDIO ohm-m.	ESPESOR m.	PROFUNDIDAD m.	LITOLOGIA
1	490.8	1.27	1.27	Suelos arcilloso con algunas gravas
2	116.9	0.389	1.66	Nivel gravas volcánicas con matriz limos arenosa, Formación Glacis El Divino
3	47.10	12.58	14.24	Intercalaciones de tobas, con algunos niveles de gravas volcánicas en matriz limosa, Formación Glacis El Divino
4	16.05	13.12	27.37	Intercalaciones de limos y lodos, Terrazas Antiguas
5	185.9	50.06	77.43	Intercalaciones de arenas medias y arenas gruesas, Terrazas Antiguas

#### 6.5.7. SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL – SEV 07

Las coordenadas centrales del sondeo fueron E: 1143945, N658953, la longitud total del sondeo AB/2 fue de 150 metros, su azimut 0°, su RMS% (error entre modelo teórico y los datos) 7,7% y la profundidad máxima alcanzada fue de 84.19 metros, en la **Figura 39** se muestra su inversión y en la **Tabla 29** el modelo de capas interpretado. El nivel freático fue detectado a los 2.50 m.



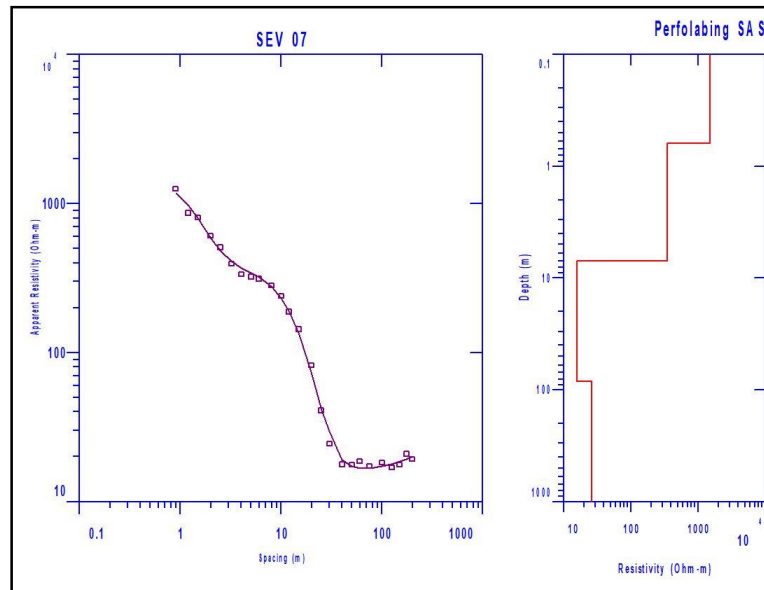


Figura 39. Inversión del EI SEV 07

Los puntos son los datos de campo la línea continua el modelo teórico y la línea roja en la parte derecha el perfil de resistividad en profundidad

Tabla 29. Correlación litológica del Sondeo Eléctrico Vertical SEV 07.

CAPA	RESISTIVIDAD PROMEDIO ohm-m.	ESPESOR m.	PROFUNDIDAD m.	LITOLOGIA
1	1524.3	0.620	0.620	Suelo gravo arcilloso seco
2	349.0	6.37	6.99	Intercalaciones de gravas volcánicas en matriz arenosa, Formación Glacis del Diviso
3	15.73	77.20	84.19	Intercalaciones de limos y lodos, Terrazas Antiguas

## 6.6. PERFILES DE RESISTIVIDAD

En esta apartado se presentan secciones laterales de resistividad real o perfiles, los cuales, son construidos con los algunos SEV's donde los valores de resistividad real o aparente son proyectados sobre una línea recta, para lograr observar los cambios laterales de esta propiedad, en este trabajo se elaboraron dos y para cada uno se muestra su ubicación, su seudo sección (sección de resistividad aparente), así como la inversión de la misma, mediante un proceso conocido como inversión Occam's el cual, es mucho más robusta que la inversión utilizada en el ítem anterior para cada uno de los SEV's, por lo que, puede diferir un poco, y por último se correlaciona litológicamente por zonas geoelectricas cada perfil, para de esta manera tener un conocimiento más completo de la zona de estudio.

### 6.6.1. PERFIL 1,2,5

Para este la construcción de este perfil se utilizaron los SEV's 3,1,2 y 5, la sección de resistividad aparente en la **Figura 40** y el perfil (sección de resistividad real) interpretado en la **Figura 41**.

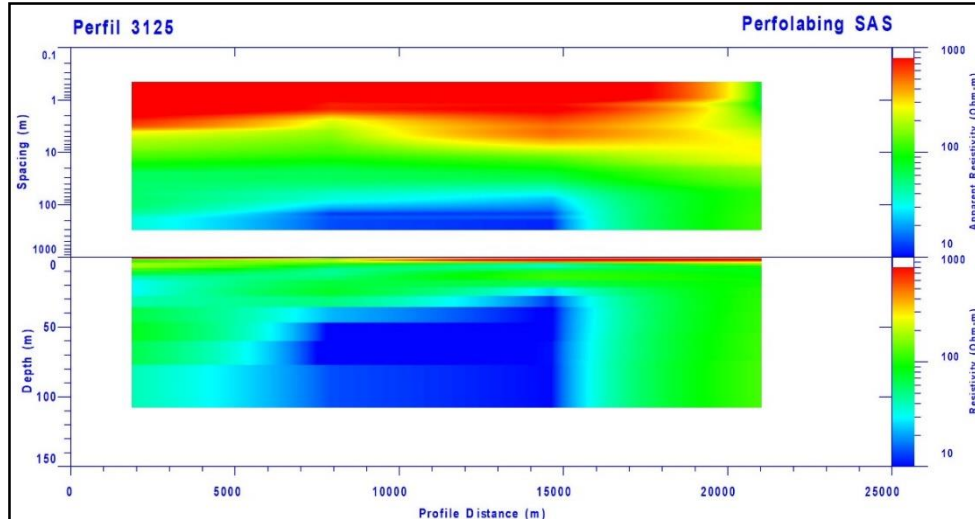


Figura 40. Perfil construido mediante los SEV's 3,1,2 y 5, proyectados a la línea fucsia.

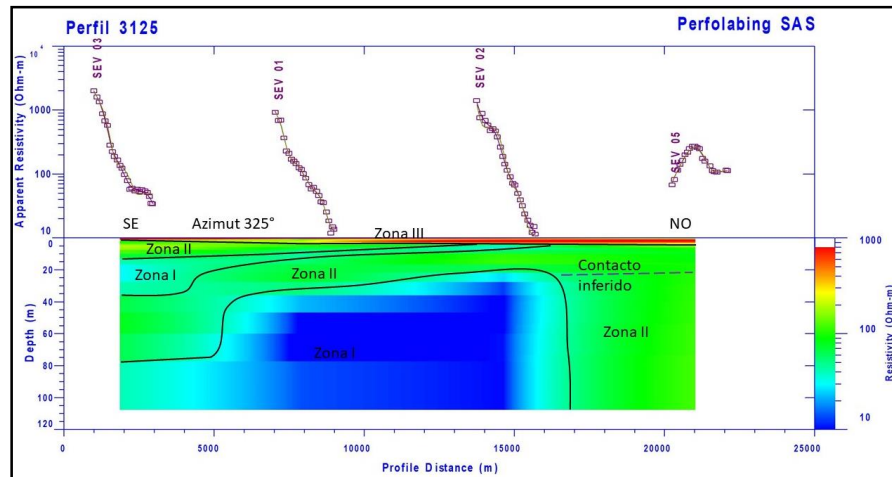


Figura 41. Perfil construido con los SEV's 3,1,2 y 5, en la parte superior se muestra la seudo sección de resistividad aparente, mientras que, en la parte inferior la sección de resistividad real

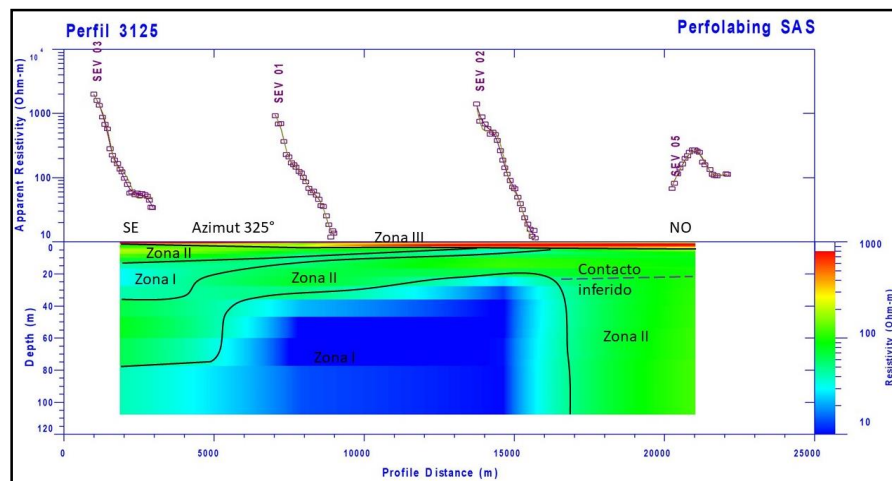


Figura 42. Perfil construido con los SEV's 3,1,2 y 5 delimitado por zonas geoelectricas

Correlación litológica por zonas geoelectricas:

- **Zona I:** Corresponde a materiales muy finos a finos, se correlaciona con intercalaciones de arcillas, lodos, limos y tobas volcánicas, en la zona más extensa del perfil, su color es azul, su espesor alcanza los 80 metros en el parte central del perfil, su resistividad es menor a 30 ohm-m, la parte superior de esta zona pertenece a la Formación Glacis del Diviso, mientras que la parte inferior a las Terrazas antiguas.

- **Zona II:** Corresponde a materiales medios, se correlaciona con intercalaciones de gravas de tamaño guijo en matriz lodo limosa y arenas finas, su color es verde su espesor alcanza los 100 metros en la parte izquierda derecha del perfil (Noroeste), su resistividad varía entre 30 y 200 ohm-m, la parte superior pertenece a la Formación Glacis del Diviso y la parte inferior a las Terrazas antiguas, la parte inferior de esta zona es el contacto entre estas dos unidades excepto donde este contacto se infiere.
- **Zona III:** Corresponde a materiales medios a gruesos, se correlaciona con intercalaciones gravas matriz soportadas de matriz arenosa y arenas gravosas, es la parte menos extensa del perfil, tiene geometría tabular, su color es rojo a amarillo rojizo, su espesor alcanza los 5 metros en la parte derecha del perfil (Noroeste), la resistividad de esta zona es mayor a 300 ohm-m, y pertenece a las Llanuras de Inundación.

#### 6.6.2. PERFIL 4,6,7

Para este la construcción de este perfil se utilizaron los SEV's 4,6, y 7, la sección de resistividad aparente en la **figura 43** y el perfil (sección de resistividad real) interpretado en la **Figura 44**.

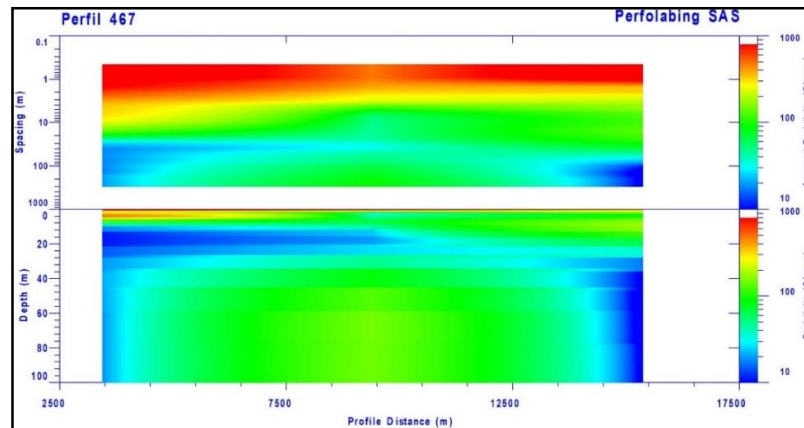


Figura 43. Perfil construido con los SEV's 4,6 y 7, en la parte superior se muestra la seudo sección de resistividad aparente, mientras que, en la parte inferior la sección de resistividad real

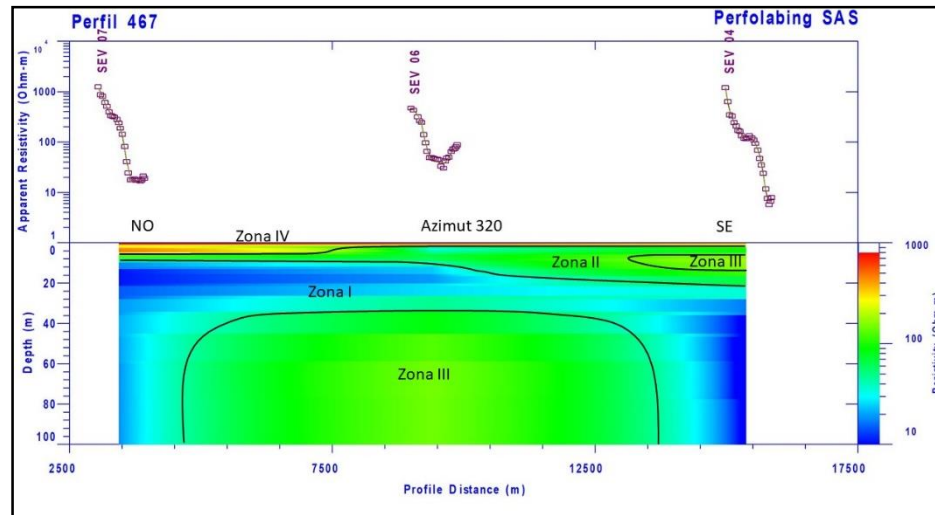


Figura 44. Perfil construido con los 4,6 y 7 delimitado por zonas geoelectricas

Correlación litológica por zonas geoelectricas:

- **Zona I:** Corresponde a materiales muy finos a finos, se correlaciona con intercalaciones de arcillas, lodos y limos, es de color azul, tiene geometría tabular con un lente incrustado en la parte central, su espesor alcanza los 90 metros en el Noroeste (parte izquierda del perfil), su resistividad es menor a 30 ohm-m, y pertenece a las Terrazas Antiguas
- **Zona II:** Corresponde a materiales medio finos a medios, se correlaciona con intercalaciones de gravas de tamaño guijo en matriz limo lodosa, es de color verde tiene geometría tabular, su espesor alcanza los 15 metros en la parte central, su resistividad se encuentra entre los 30 a 200 ohm-m, y pertenece a la Formación Glacis del Diviso
- **Zona III:** Corresponde a materiales medios a medio gruesos, se correlaciona con intercalaciones de arenitas medias, arenitas gruesas y gravas en matriz limosa (solo el lente superior), es de color verde amarillento a amarillo, se observa en dos partes del perfil con geometría lenticular, su espesor es el lente inferior alcanza los 65 metros, su resistividad se encuentra entre los 200 a los 300 ohm-m, el lente superior en la parte derecha del perfil pertenece a la Formación Glacis del Diviso, mientras que el lente inferior grande pertenece a las Terrazas Antiguas y es la parte arenosa de esta zona.
- **Zona IV:** Corresponde a materiales gruesos a medio gruesos, se correlaciona con intercalaciones gravas arenosas y gravas en matriz limo arenosa, su color en rojo

a amarillo rojizo, tienen geometría tabular, se encuentra en la parte superior del perfil su espesor alcanza los 7 metros, y pertenece a la Llanura de Inundación la parte Sureste, mientras que la Noroeste y central del perfil a la Formación Glacis del Diviso.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El área de estudio se encuentra localizada en la parte media de la cuenca hidrográfica del Río Mira, y comprende un área de estudio de aproximadamente 240 km<sup>2</sup>. La distancia entre sondeos a cada lado del río es de aproximadamente 6 km, esta distancia también es aproximadamente la misma entre los sondeos y la corriente del río Mira. Los sitios de estudio no presentan cambios bruscos de topografía, predominando la topografía plana y presencia de pequeños afluentes de agua y/o caños.

Las zonas de adquisición de los SEVs 5, 2, 1 y 3 se encuentran en la margen derecha de la corriente del río. Estos sitios fueron de fácil acceso, ubicados en su mayoría en cultivos de palma o cacao. El comportamiento del conjunto de curvas de resistividades aparentes es similar, a excepción de la curva del SEV 5.

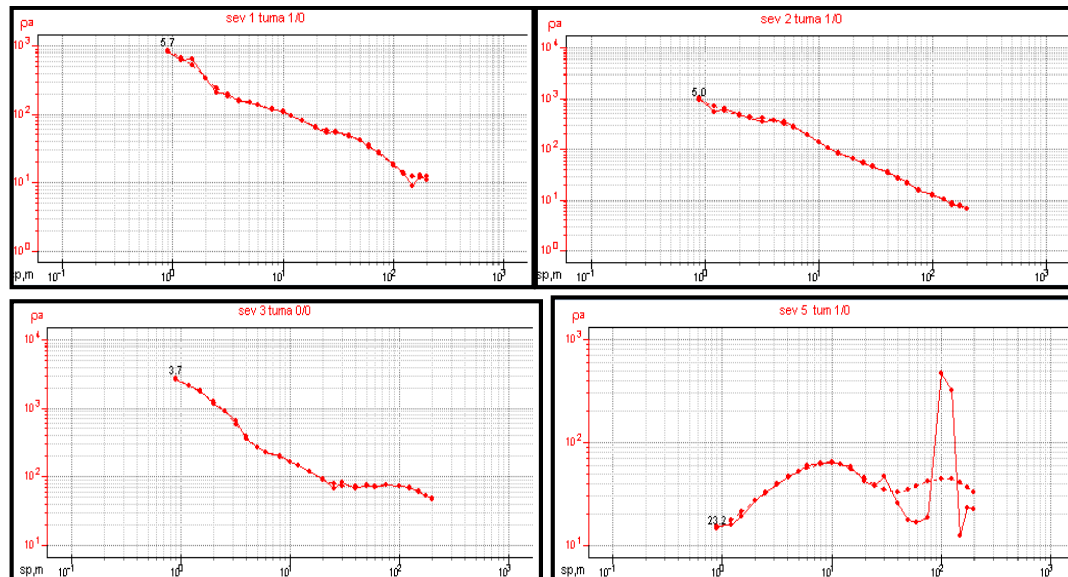


Figura 45. SEVs 5, 2, 1 y 3

Las curvas de los Sevs 1, 2 y 3 presentan un comportamiento descendente lo que evidencia una disminución de la resistividad eléctrica a medida que aumenta la profundidad.

Las zonas de adquisición de los SEVs 4, 6 y 7 se encuentran en el margen izquierdo de la corriente descendente del río Mira. El acceso a estos sitios requirió el transporte en lancha y planchón. El Sev 4 se realizó cerca de un afluyente que disminuyó el nivel de su caudal 2 metros aprox., este cambio de nivel se debía a la disminución de la marea. En el área de estudio de los Sevs 6 y 7 se presentan suelos arcillosos rojizos, con una topografía ondulada, de variaciones muy suaves de altura de hasta 10-20 metros aproximadamente.

- El conjunto de curvas para los Sevs 4, 6 y 7 presentan una tendencia descendente, con zonas de aumento de los valores de resistividad aparente. El Sev 6 presenta un aumento en los valores de resistividad aparente, comportamiento que no se evidencia en ninguna otra curva del estudio.

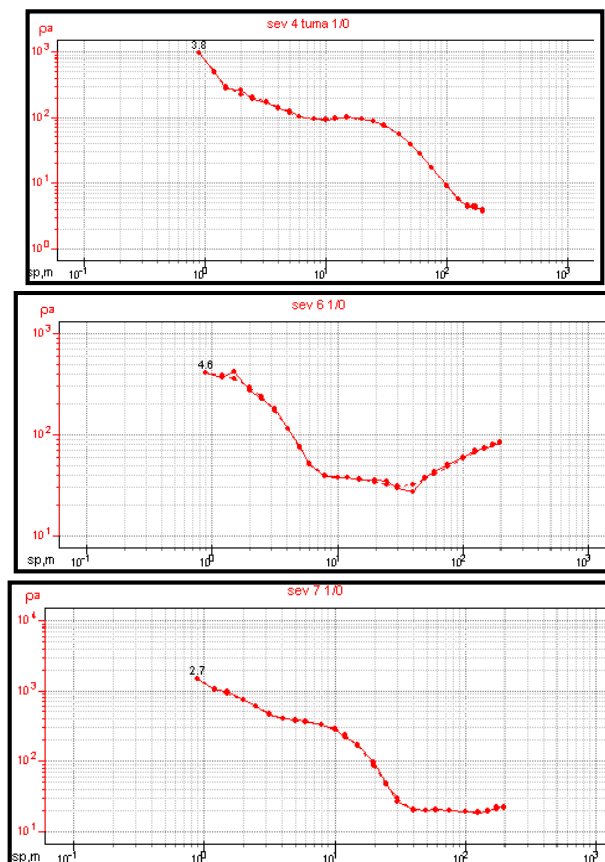


Figura 46. SEVs 4, 6 y 7



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

Para todos los SEVs, a excepción del SEV 5 los valores de resistividad más altos se presentaron en las medidas más superficiales. Los valores de resistividad disminuyen a medida que aumenta la profundidad.

Los valores de resistividades aparentes obtenidos para estos SEVs varían desde las decenas de K ohm-m para la parte más superficial, hasta las unidades o decenas de ohm-m para las zonas más profundas.

Se recomienda la correlación de la información obtenida con los resultados de los ensayos directos y con la información geológica de la zona para la correcta interpretación de los resultados de resistividades.

Los valores RMS de inversión de los SEV's es menor a 10%, a pesar que los datos de los SEV's 6 y 7, no son tan buenos, para este fin se aplicaron filtros y se eliminaron los datos abruptos en cada sondeo.

La menor profundidad de investigación fue de 60,4 metros y la mayor de 115 metros, en los modelos de capas de cada SEV. En los dos perfiles creados esta profundidad esta alrededor de los 110 metros, ya que se utiliza la última capa. La cual, se conoce como la capa infinita ya que su espesor es libre.

El contacto de las Llanuras de Inundación con la Formación Glacis del Diviso se encuentra entre los 2 a 7 metros, y se identifica claramente en los perfiles.

El contacto de la Formación Glacis del Diviso oscila y las Terrazas antiguas se encuentra entre los 20 metros a 80 metros.

Registros geofísicos de posos.

Debido a que no se ha popularizado el uso de pozos profundos para la extracción de agua en la zona, no se cuenta con registros geofísicos de estudios realizados.

Inventario de Puntos de Agua.

No existen puntos de agua que se estén explotando o que sean objeto de estudios anteriores en el área de la cuenca del río Mira.





Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

## Concesión de Aguas Subterráneas.

La corporación autónoma de Nariño Corponariño, tiene concesionado el aprovechamiento de agua subterránea para un pozo que es aprovechado por la Universidad Nacional de Colombia Sede Tumaco, sin embargo sobre este pozo no se tiene ninguna clase de mediciones que sean de utilidad para este trabajo.

## Estimación de los usos actuales de agua subterránea.

No se tiene ningún registro del uso actual del agua subterránea debido a que no existen puntos de agua o pozos profundos en la zona de la cuenca del río Mira.

## Estimación de Oferta Hídrica Subterránea.

Para la estimación de la oferta hídrica de aguas subterráneas, se desarrolla la metodología contenida en la Guía Metodológica para Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos, las cuales se presentan a continuación.

### 7.1.1. MÉTODOS EMPÍRICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA.

Para el caso de la cuenca del río Mira, no se cuenta con la suficiente información de variables hidrológicas, de suelo y otras que se requieren para estimar la recarga. Por esta razón procedemos a evaluar las formulas expuestas en la Guía Metodológica para Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos las cuales son:

Ecuación *Cheeturvedi* (*Shiha y Sharman, 1988*)

$$r = 1,37 (p - 14)^{0,5}$$

Donde r, es la recarga (pulg./año); y p es la precipitación (pulg./año).

Ecuación 24. *Sehegal* (1973)

$$r = 2,5 (p - 16)^{0,5}$$

Donde  $r$ , es la recarga (pulg./año); y  $p$  es la precipitación (pulg./año)

Las anteriores formulas se pueden desarrollar a partir de cálculo cartográfico de los raster obtenidos en el estudio hidrológico de precipitación media en mm/año por lo tanto la recarga ( $r$ ) estará dada en mm/año. Para tal efecto se procedió a insertar el mapa raster de pluviosidad media anual a la calculadora raster y obtuvo lo siguiente:

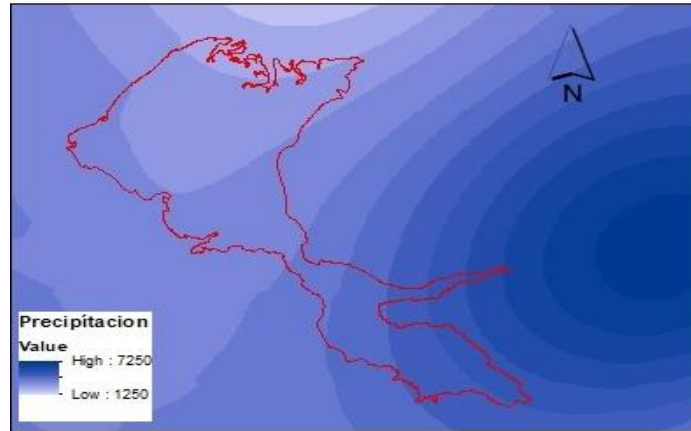


Figura 47. Mapa de pluviosidad media anual en mm/año

En la figura anterior se puede apreciar como la pluviosidad está condicionada en función de la ubicación de las estaciones meteorológicas existentes en la cuenca y las usadas para interpolar la información por fuera de la cuenca.

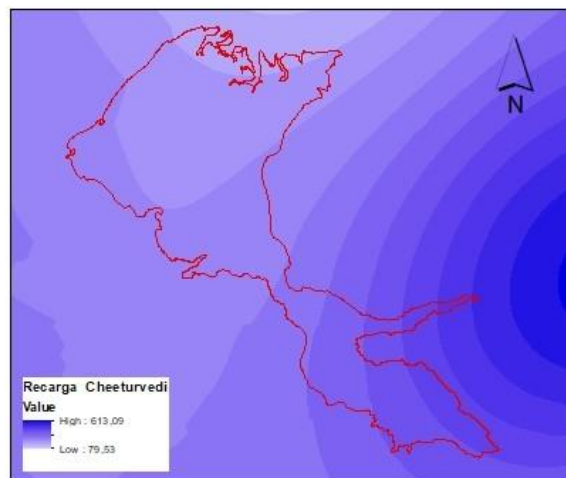


Figura 48. Mapa de recarga hídrica según fórmula de Cheeturvedi (Shiha y Sharman, 1988)

El mapa de recarga hídrica obtenido a través de la fórmula de Cheeturvedi (Shiha y Sharman, 1988), presenta un comportamiento igual al de la pluviosidad esto por ser el resultado de una relación lineal simple expresada en la fórmula, sin tener en cuenta otros factores relevantes para la obtención de un modelo de recarga hídrica.



Figura 49. Mapa de recarga hídrica según fórmula de Sehegal (1973).

El mapa obtenido con la fórmula Sehegal (1973) presenta un comportamiento similar, y difiere en los datos de recarga por la variación de los factores contemplados entre fórmula y fórmula, pero las relaciones siguen siendo igualmente lineales.

De estas dos ecuaciones se puede concluir que los lugares con mayor recarga hídrica están en la zona este de la cuenca hacia el municipio de Barbacoas. Estas dos ecuaciones no reflejan la verdadera dinámica de la cuenca, ya que no contemplan factores como la pendiente o la temperatura, sin embargo nos dan un indicador de la zona donde se presenta la recarga de los acuíferos y por ser la zona este de la cuenca, el sector con mayor altura topográfica permite que esta zona genere el flujo hacia la zona baja de la cuenca en la zona de recarga.



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

Determinación de calidad de agua subterránea.

De acuerdo con la Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT, 2010). A partir del análisis realizado a las ecuaciones contempladas en el manual, se optó por tomar la ecuación GOD, puesto que no se posee suficiente información de la zona de estudio.

La ecuación se explica a continuación:

#### □ Método GOD

El sistema de indexación GOD, propuesto por Foster (1987), es aplicable a áreas de trabajo con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre de la información. Esta metodología comprende tres parámetros: G, O y D; cuyos valores son asignados de acuerdo con la contribución en la defensa a la contaminación, los cuales se describen a continuación.

“**G.** (Groundwater occurrence) Corresponde al grado de confinamiento hidráulico con la identificación del tipo de acuífero, su índice puede variar entre 0 y 1. El modo de ocurrencia varía entre la ausencia de acuíferos (evaluado con índice 0) en el extremo izquierdo y la presencia de un acuífero libre o freático (evaluado como índice 1) en el extremo derecho, pasando por acuíferos artesianos, confinados y semiconfinados,” de acuerdo con la tabla de características del acuíferos del IDEAM en el estado de este acuífero es Libre a semiconfinado, es decir que el parámetro para el área es de 0,5. “**O.** (Overall aquifer class) Corresponde a la caracterización de la zona no saturada del acuífero o de las capas confinantes. Los índices más bajos (0,4) corresponden a los materiales no consolidados, mientras que los más altos (0,9 – 1,0) corresponden a rocas compactas fracturadas o karstificadas,” de acuerdo con la clasificación geológica de la zona, se determinó que las terrazas Aluviales (Qt) por su constitución granulométrica de arenas y gravas sumado a la baja consolidación de esta unidad, y por su morfología plana a semiplano son secuencias que pueden formar acuíferos. “**D:** (Depth). Se refiere a la profundidad del nivel freático en acuíferos libres o a la profundidad del techo del acuífero, en los confinados. Los índices más bajos (0,6) corresponden a acuíferos libres con profundidad mayor a 50 m; mientras que los índices altos (1,0) corresponden a acuíferos que independientemente de la profundidad se encuentran en

medios fracturados. Para el caso de los acuíferos libres la profundidad del nivel estático está sujeta a la oscilación natural.”. En la zona se determina una profundidad de acuíferos entre los 7 a los 150 mt a mas por tal motivo el parámetro D es de 1 para el caso del acuífero del rio Mira.

Ecuación *Sistema de indexación GOD*

$$(27) iV_{GOD} = G \times O \times D$$

la expresión anterior se calcula para los datos relacionados en cada parámetro así:

$$G = 0,5$$

$$O = 1$$

$$D = 1$$

Por lo tanto, el índice  $iV_{god}$  es de 0,5, esto quiere decir que el acuífero dentro de la cuenca del Rio Mira presenta una mediana probabilidad de contaminación.

## 1.2. POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA

De acuerdo con la espacialización de las unidades hidrogeológicas en la cuenca del rio Mira podemos tener como referencia la definición de Acuíferos como formaciones geológicas que almacenan el agua y que a su vez permiten el movimiento de la misma, bajo la acción de las fuerzas de la gravedad, de tal forma que puede ser explotada en cantidades relativamente apreciables. Otálvaro (1999). En la Cuenca del Rio Mira, se presentan materiales que componen sistemas acuíferos, que, de acuerdo con su composición y características físicas, exhiben diferentes capacidades para almacenar y trasportar agua subterránea.

### **Acuíferos con muy baja a ninguna productividad.**

Estas unidades se ubican en al este y centro oeste de la cuenca en franjas de unidades de rocas metamórficas e ígneas muy compactas que impiden el almacenamiento interno de los acuíferos, de igual manera estas unidades se ubican hacia las partes de recarga



Fase de Diagnostico  
POMCA Mira

de la cuenca lo que hace que en este sector el agua se escurra hacia las partes bajas de la cuenca.

#### **Acuíferos con baja productividad.**

En estas formaciones el flujo es esencialmente intergranular, son sistemas discontinuos y de extensión local, con materiales cuaternarios no consolidados de ambientes fluviales y Coluviales, son generalmente acuíferos libres y pueden almacenar agua para cualquier uso. La capacidad específica teórica es de 0.05 a 1.0 l/s/m. No se reportan ni estudios ni perforaciones sobre estos materiales que permitan una mejor caracterización., estos acuíferos están asociados a las unidades sedimentaras que ocupan la mayor parte de la cuenca ubicados hacia la parte central y oeste de la misma, por lo que hace que las opciones de presentar acuíferos explotables sean mínimas.

#### **Acuíferos de Mediana Productividad.**

Asociados a depósitos vulcano clásticos y fluvio volcánicos que se ubican en las márgenes de la corriente fluvial colectora de la cuenca, se ubica la zona de mejores condiciones hacia la parte nor oeste de la cuenca donde posible mente se tome como zona de descarga de los acuíferos, ya que las característica de las rocas se caracterizan por poseen flujo esencialmente granular, son sistemas continuos con extensión regional a subregional. Esto da pie a una mayor posibilidad de aprovechamiento de los posibles acuíferos que se albergan en esta unidad. **(Ver Plano Hidrogeológico)**

## **8. BIBLIOGRAFIA**

Acosta, P. et al. 2004. Propuesta Metodológica para el desarrollo de la cartografía para Ingeniería. Ministerio de Minas-INGEOMINAS.