

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
INGENIERÍA EN GEOLOGÍA



TESIS MONOGRÁFICA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO
TEMA: CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA SEMIDETALLADA A ESCALA 1: 50 000 DEL
CUADRANTE RÍO PILÁN SERIE 3253 - II

ELABORADO POR:

BR. JIMMY JOSÉ MEYER SÁNCHEZ

CARNET: 08-04309-4

TUTOR:

ING. SONIA PÉREZ VEGA

ASESOR:

ING. GLEN HODGSON VALREY

MANAGUA, JULIO 2014

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	4
1.3.1 LOCALIZACIÓN.....	4
1.3.2 VÍAS DE ACCESO.....	5
1.4 ANTECEDENTES.....	7
2. METODOLOGÍA	10
2.1 TRABAJO PRELIMINAR DE GABINETE.....	10
2.2 TRABAJO DE CAMPO	11
2.3 TRABAJO POSTERIOR A CAMPO.....	12
2.3.1 MAPA GEOLÓGICO	12
2.3.2 MAPA GEOMORFOLÓGICO.....	12
2.3.3 MAPA ESTRUCTURAL	13
2.3.4 MAPA DE DRENAJE	13
2.3.5 MAPA DE AFLORAMIENTOS O PUNTOS DE MUESTREO	14
2.4 MATERIALES UTILIZADOS.....	14
2.5 DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	15
3 MARCO GEOTECTÓNICO REGIONAL.....	16
3.1 GEOLOGIA REGIONAL	18
3.1.1 PROVINCIA GEOLÓGICA DE LAS PLANICIES DE LA COSTA DEL PACÍFICO .	20
3.1.2 PROVINCIA GEOLÓGICA DE LA DEPRESIÓN.....	22
3.1.3 PROVINCIA CENTRAL	23
3.1.4 PROVINCIA DEL NORTE	22
3.1.5 PROVINCIA DE LOS LLANOS DE LA COSTA ATLÁNTICA	23
4. FISIOGRAFÍA.....	28
4.1 TOPOGRAFÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	28
4.1.1 Zonas de Relieve llanos y ondulados sin accidentes.....	28
4.1.2 Zonas de Relieves tabulares	28
4.1.3 Zona de Relieve llano con cerros aislados.....	29
4.1.4 Zona de Relieve de pendientes largas y suaves, relieves arqueados moderados a semi-abruptos	29
4.1.5 Zona de Relieves semi-abruptos y escarpados	29

4.2	CLIMA Y VEGETACIÓN	30
4.2.1	CLIMA	30
4.2.2	VEGETACIÓN	30
4.3	DRENAJE	31
4.3.1	SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS	31
4.3.1.1	SUBCUENCA DEL RÍO SIQUIA	32
4.3.1.2	SUBCUENCA DEL RÍO PILÁN	33
4.3.1.3	SUBCUENCA DEL RÍO LA TIGRA	34
4.3.1.4	SUBCUENCA DEL RÍO INQUINIS	34
4.3.1.5	SUBCUENCA DEL RÍO MUSUWAKA	35
4.3.1.6	TRIBUTARIOS DEL RÍO TUTUWAKA	35
5.	GEOMORFOLOGÍA.....	37
5.1	UNIDAD DE LLANURAS ALUVIALES	37
5.2	UNIDAD DE PENIPLANICIES	38
5.3	UNIDAD DE MESAS EROSIONADAS	38
5.4	UNIDAD DE FLUJOS DE LAVA.....	39
5.4.1	SUB-UNIDAD DE LAVAS COLUMNARES	40
5.5	UNIDAD DE CONOS Y DOMOS VOLCÁNICOS.....	41
5.5.1	SUB-UNIDAD DE DOMOS	41
5.5.2	SUB-UNIDAD DE CONOS	42
5.6	UNIDAD DE CRÁTERES Y CALDERAS	43
5.7	UNIDAD DE RELIEVES ESCARPADOS	44
6.	GEOLOGÍA LOCAL Y ESTRATIGRAFÍA.....	46
6.1	UNIDAD CUATERNARIO ALUVIAL (Qal).....	46
6.2	UNIDAD CUATERNARIO RESIDUAL (Qr).....	48
6.3	FORMACIÓN MACHUCA (Tem).....	49
6.3.1	Localización y Extensión	49
6.3.2	Litología	49
6.3.3	Contacto, Espesor y Edad	52
6.4	FORMACIÓN RÍO MICO (Terma)	52
6.4.1	Localización y Extensión	52
6.4.2	Litología	52
6.4.3	Contacto, Espesor y Edad	58
6.5	UNIDAD RÍO RAMA (Terr).....	58
6.5.1	Localización y Extensión	58
6.5.2	Litología	58
6.5.3	Contacto, Espesor y Edad	61

6.6	FORMACIÓN RÍO ESCONDIDO (Tcre)	62
6.6.1	Localización y Extensión	62
6.6.2	Litología	62
6.6.3	Contacto, Espesor y Edad	66
6.7	CUERPOS INTRUSIVOS (Tii – Tib)	66
6.8	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA	68
7.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	70
7.1	SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO NE – SW	72
7.1.1	Falla 1 – Peña Blanca	72
7.1.2	Falla 2 – La Tigra	73
7.1.3	Falla 3 – Río Pilán.....	74
7.1.4	Falla 4 – Cerro Grande	74
7.1.5	Falla 5 – Río Inquis	74
7.2	SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO NW – SE	75
7.2.1	Falla 6 – El Chipote	76
7.2.2	Falla 7 – La Esperanza	76
7.2.3	Falla 8 – Bocana de Río Pilán.....	76
7.2.4	Falla 9 – Mirasol.....	77
7.2.5	Falla 10 – Río Siquia	77
7.3	OTROS SISTEMAS DE FALLAS	78
7.3.1	SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO N – S.....	78
7.3.2	SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO E – W.....	79
7.4	INTERPRETACIÓN DE CORTES GEOLÓGICOS	79
7.5	ESTRUCTURAS CIRCULARES	80
7.5.1	CALDERA EL VIRGO	81
7.5.2	CALDERA LA ESPERANZA	81
7.5.3	CALDERA MUSUWAKA.....	82
7.5.4	CRÁTER EL COROZO	83
7.6	OTRAS ESTRUCTURAS	84
7.6.1	DIQUE EL JOBO	84
7.6.2	DOMOS EL JOBITO.....	84
7.6.3	PLUG EL ALCALDE	85
7.6.4	DOMO CERRO GRANDE	85
7.6.5	DIQUE LA CALENTURA.....	85
8.	GEOLOGÍA ECONÓMICA	86
8.1	DEPÓSITOS MINERALES NO METÁLICOS	86
8.1.1	ROCAS ÍGNEAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	86
8.1.2	APROVECHAMIENTO DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.....	88
8.2	DEPÓSITOS MINERALES METÁLICOS	89

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
9.1 CONCLUSIONES.....	91
9.2 RECOMENDACIONES	95
10. BIBLIOGRAFÍA	96

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente estudio se presenta la ejecución de la cartografía geológica de la hoja topográfica Río Pilán serie 3253 - II, ubicada en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), el que comprende porciones de los municipios de El Rama, Muelle de los Bueyes y El Ayote.

En la actualidad, el porcentaje del territorio nacional cartografiado es de un 57.68 %, representados en 159 mapas geológicos, ejecutados de la siguiente manera: 138 mapas geológicos realizados antes de 1990, por geólogos del SGN y 21 mapas geológicos confeccionados en el período 2008- 2013, por geólogos del Ministerio de Energía y Minas. (Fuente MEM – DGM). Anexo 1.

La cartografía geológica o mapeo geológico es la representación de la distribución de los diferentes materiales ubicados en la superficie terrestre, incluyendo los procesos de su evolución geológica (Cepeda, L., 1986).

El estudio consistió en la elaboración y confección del mapa geológico a escala semidetallada 1: 50 000 del cuadrante Río Pilán; cumpliendo así con la modalidad de monografía, que oferta la facultad de Ciencias e Ingeniería a través del Departamento de Tecnología de la UNAN – Managua, con el objetivo de culminar la carrera de Ingeniería en Geología y obtener el título de Ingeniero en Geología.

El estudio monográfico comprende el levantamiento geológico de 502.24 Km², correspondientes al área total del mapa base topográfico, en el cual se analiza la geología del lugar, donde se incluyen aspectos básicos de un levantamiento geológico, como parámetros geomorfológicos, litológicos, estratigráficos, petrográficos, mineralógicos y estructurales. Contiene un muestreo sistemático de rocas y levantamientos específicos de litología, estructuras y morfología del terreno de estudio y patrón de drenaje obtenidos de la interpretación de fotografías aéreas, Imágenes LandSat, Imágenes de radar, ortofotomapas, mapa topográfico y etapas de campo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la cartografía geológica semidetallada a escala 1:50 000 del área del cuadrante Río Pilán serie 3253-II.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Localizar las unidades de rocas aflorantes en el área de estudio y realizar un mapa de afloramientos o puntos de muestreo.
- Correlacionar las unidades de rocas, describir con formaciones geológicas conocidas de áreas adyacentes.
- Identificar elementos estructurales tales como fallas, fracturas, lineamientos y estructuras circulares
- Elaborar una columna estratigráfica, en la cual se observe la posición de las Formaciones y/o unidades de rocas respecto a sus edades.
- Realizar cortes geológicos en los cuales se detalle la topografía del terreno, la base litológica y elementos estructurales.
- Identificar las diferentes unidades geomorfológicas existentes en el área.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La Región Autónoma del Atlántico Sur, está dentro de la Provincia Geológica Central, la que se caracteriza por Formaciones geológicas que datan del Terciario, en el que se produjo la orogénesis Laramídica, y los fluidos hidrotermales enriquecieron de minerales de interés económico las rocas existentes.

La Costa Atlántica de Nicaragua ha sido una zona cuyo levantamiento geológico semidetallado a escala regional 1: 50 000, ha sido escaso. El porcentaje de la región cartografiada, no asciende al 25% del territorio (Regiones Autónomas del Atlántico), en su mayoría son estudios geológicos enfocados a zonas de interés minero, como en la RAAN, específicamente en los distritos mineros de Kuikuinita, Siuna, Rosita y Bonanza; y en la RAAS, en la áreas o distritos mineros como Topacio y Kisilala, los cuales son distritos mineros relativamente cercanos al área de estudio.

Debido a que en la Regiones Autónomas del Atlántico los estudios geológicos son escasos, se ha desarrollado un programa de mapeo geológico a escala 1:50 000, llevado a cabo por el Ministerio de Energía y Minas, enfocado a la ampliación de zonas de interés minero y búsquedas de nuevos depósitos minerales, con lo que se da continuidad al levantamiento geológico del país.

Cabe destacar que en la zona no existen estudios geológicos de ninguna índole, pero se supone las posibles extensiones de las formaciones del Grupo Pre-Matagalpa, conformado por rocas volcánicas y sedimentarias del Paleógeno (Eoceno), encontradas en mapas aledaños como La Esperanza serie 3352-IV (donde se encuentra el distrito minero de Kisilala), Cerro Campana serie 3252-I, El Ayote serie 3253-III y Wapí serie 3353 – III.

Por estos motivos, es de importancia la elaboración del levantamiento geológico de la hoja topográfica Río Pilán, ya que permitió describir unidades de rocas y su correlación con las formaciones geológicas, de igual manera las estructuras geológicas presentes en este cuadrante.

Se espera que esta investigación, sirva de aporte a la geología de Nicaragua y a futuras investigaciones y exploraciones en el ámbito de depósitos minerales, tanto metálicos como no metálicos; de igual manera, la evaluación de las condiciones del uso del suelo y desarrollo de obras civiles (banco de préstamo de materiales), las que son de importancia para el crecimiento y desarrollo de la nación.

1.3 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

1.3.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localiza a 330 km al E de Managua y se ubica en el Centro - E de Nicaragua, en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS). Comprende porciones de las territorialidades de los municipios El Rama, Muelle de los Bueyes y El Ayote. Fig.1

La superficie de la hoja topográfica Río Pilán es de 502.24 Km², dentro de las coordenadas N 1382000 E 745000 – N 1382000 E 771000 – N 1365000 E 771000 – N 1365000 E 745000, siendo éstas los límites de la hoja topográfica Río Pilán serie 3253-II a escala 1: 50 000, editada por el Instituto de Estudios Territoriales (INETER, 1988), el sistema de coordenadas está dado en Datum WGS 84.

En él área de estudio se encuentran las comarcas: Pilán, Cerro Grande, Siquia, El Jobo, Musuwaka, Mirasol, La Calentura, El Jobito, Poza Redonda y La Tigra.

El cuadrante Río Pilán (3253 – II), se encuentra limitada por las siguientes hojas topográficas:

- Al Norte: Río Nawawas (3253 - I)
- Al sur: Cerro Campana (3252 - I)
- Al Este: Wapí (3353 - III)
- Al Oeste: El Ayote (3253 – III)

1.3.2 VÍAS DE ACCESO

Entre las vías de acceso para llegar al sitio de estudio, existen carreteras de primer, segundo y tercer orden, transitables en todo tiempo, menos las de tercer orden, siendo nula su penetración en tiempo de invierno.

➤ **Primer Orden:**

Carretera Managua – El Rama:

Hasta el Km 169 en el municipio de Juigalpa, jurisdicción del departamento de Chontales; De igual forma a la altura del Km 269 en la comunidad de Presillas, Muelle de los Bueyes y en Km 288 Municipio de El Rama, ambos municipios pertenecientes a la RAAS.

➤ **Segundo Orden:**

Empalme Juigalpa – La Libertad – Santo Domingo – El Ayote, en dirección NE.

Empalme Presillas – Musuwaka (Muelle de los Bueyes) con rumbo a la comarca Musuwaka, en dirección N.

Empalme Wapí – El Rama, en dirección a la comarca Wapí con rumbo NW.

➤ **Tercer Orden:**

El Ayote – Comarca El Jobo

El Ayote – Comarca La Tigra

Comarca Musuwaka – Río Musuwaka

Wapí – Comarca Los Chopos – Comarca Poza Redonda.

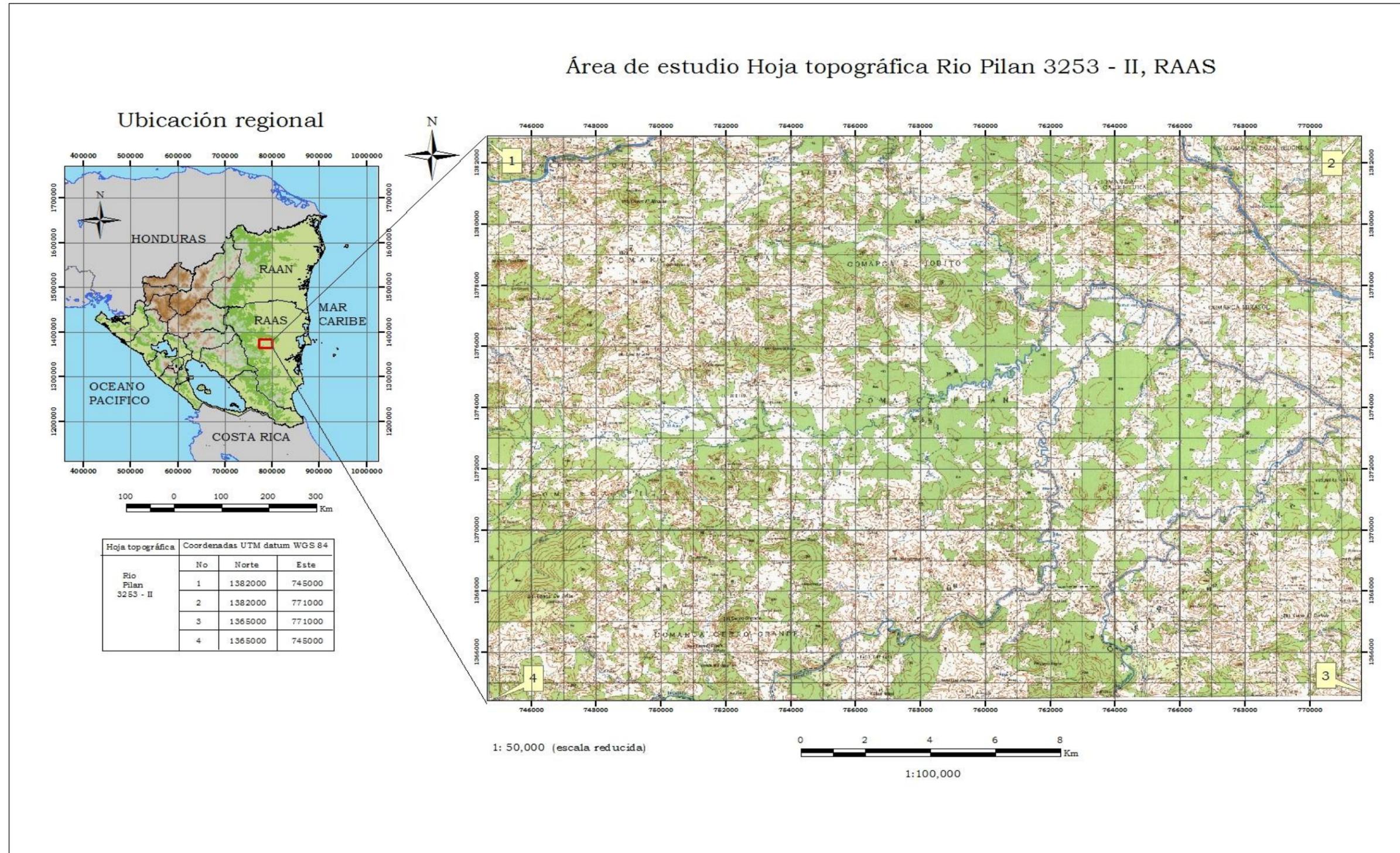


Fig 1. Mapa de localización del área de estudio cuadrante Río Pilán serie 3253 - II

1.4 ANTECEDENTES

El área de estudio que comprende la hoja topográfica Río Pilán, no ha sido previamente investigada ni estudiada. Se asume que el área de estudio esté cubierta por las extensiones de formaciones volcánicas y sedimentarias del grupo Pre-Matagalpa.

No existe un mapa geológico del área de estudio, sino que únicamente se encuentran estudios geológicos regionales y estudios de hojas topográficas aledañas, las cuales son cartografías geológicas, las que sirvieron para corroborar la presencia de las formaciones existentes en estos mapas, donde detallan los siguientes informes y documentos geológicos:

McBirney y Williams (1965), clasifican las rocas volcánicas Terciarias en dos grandes grupos como lo son:

- 1- Grupo Coyol: A éste se le asignó una edad de Mioceno-Plioceno (Neógeno) conformado por capas de lavas básicas e ignimbritas andesíticas y dacíticas.
- 2- Grupo Matagalpa: Se le fue asignada una edad de Oligoceno-Mioceno (paleógeno) el cual está conformado en su parte inferior por sedimentos volcánicos, brechas, lavas basálticas, en la parte media por tobas y en la base superior por lavas intermedias andesíticas.

Price B. (1968), describe un muestreo general de yacimientos filonianos en Mina Kisilala y detecta un cuerpo extenso de mineralización que posiblemente se extiende a mapas adyacentes.

Price B. (1968), describe la geología y geomorfología de mina Kisilala y hace referencia a las estructuras de filones de origen hidrotermal, ya mencionadas por él, en el cual, la roca caja de estas estructuras es andesita, que constituye la roca predominante en la zona.

Hunting Geology and Geophysics (1972), señala dos direcciones preferenciales de los sistemas de fallas en la región, como los son: 1- Dirección NE-SW correspondiente al rumbo de la cordillera Isabelia. 2 – Dirección NW-SE correspondiente al rumbo de la cordillera Amerrisque.

Weyl (1980), retoma los trabajos de Hodgson, Garayar, referentes a la provincia volcánica de Nicaragua y reconoce un ciclo de alternancia entre las rocas volcánicas (básicas, intermedias e ignimbritas ácidas), secuencia estratigráfica que combina con las edades radiométricas e igualmente menciona que la estructura volcánica de América Central presenta flujos de lavas alternados con depósitos explosivos a través de un periodo relativamente largo.

Vigil (1980), hace mención acerca de la geomorfología y aspectos mineralógicos y de las posibles extensiones de cuerpos de vetas mineralizadas en el área de mina Kisilala hacia zonas aledañas como Cerro La Carbonera y el área de Musuwaka.

Lilljequist y Hodgson (1983), definen un modelo en el cual se introduce las siguientes hipótesis: 1 – las rocas volcánicas del Cretáceo Tardío y del Terciario forman la parte central de Nicaragua, previstas en un arreglo de doce paleoarcos 2 – durante el Terciario la actividad volcánica emigró del Este hacia el Oeste.

Hodgson (1984), destaca el predominio de rocas volcánicas alternadas en sedimentos a lo largo de la geotransversal en la zona de Santo Tomás - El Rama.

Ginet & Carranza (1987), detectan varias anomalías auríferas en los sedimentos de origen fluvial, en el mapa de Cerro Campana, las que fueron señaladas como puntuales y aisladas y en su mayoría de baja intensidad.

Ginet & Carranza (1987), encuentran nuevas zonas de anomalías de mineralización encajantes en rocas volcánicas en los mapas de Cerro El Chato, Villa Sandino, Cerro Campana y Porción Sur de Río Pilán; de igual manera hacen mención a que el distrito minero de Kisilala parece extenderse hacia el mapa de Cerro Campana.

Hodgson (1989), caracteriza la secuencia volcánica y sedimentos del área Central y E, las que presentan una serie de características que difieren en parte al de la secuencia Terciaria del país, para lo cual se introdujeron nuevos nombres de identificación y localizaciones en posiciones estratigráficas inferiores, reconociendo a éstas como Grupo Pre-Matagalpa.

Hodgson (2000), da un posicionamiento de las formaciones pertenecientes al Grupo Pre-Matagalpa y describe la morfología del grupo; entre las que se destaca arrugamientos, curvas arqueadas y pequeñas flexuras e indica resultados de las dataciones radiométricas dando valores de hasta □ 95 Ma.

MEM – Dirección General de Minas (2010), ejecuta un levantamiento geológico a escala regional 1: 50 000 en el cuadrante El Ayote (3253-III), y se menciona la presencia de la formación Río Mico (Terma) en la porción Este que limita con la parte W del cuadrante Río Pilán.

MEM – Dirección General de Minas (2011), realiza una cartografía geológica del cuadrante la Esperanza (3352-IV), en la cual, se describen aspectos litológicos, morfológicos y estructurales de la formación Río Mico (Terma) y la formación sedimentaria Río Escondido (Tcre), ubicados en las porciones NE y NW respectivamente del cuadrante La Esperanza, quedando un contacto abierto en la esquina SE del cuadrante Río Pilán.

MEM – Dirección General de Minas (2012), comprueba la existencia de la formación volcánica Río Mico (Terma), la cual limita en su parte N con la porción S del cuadrante Río Pilán, de igual manera menciona la morfología y patrón de drenaje predominante en el mapa geológico de Cerro Campana serie 3252 – II.

MEM – Dirección General de Minas (2013), ejecuta un levantamiento geológico con énfasis a depósitos minerales en la hoja topográfica Wapí serie 3353 – III, en el cual hace mención de las formaciones volcánicas del Grupo Pre – Matagalpa como la Formación Río Rama (Terr) y la formación Río Mico (Terma).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para la elaboración de esta tesis se condensa en tres etapas principales:

Etapas I: Trabajo preliminar de Gabinete

Etapas II: Trabajo de Campo

Etapas III: Trabajo posterior a campo.

2.1 TRABAJO PRELIMINAR DE GABINETE

Esta etapa consistió, en la compilación y análisis de la información existente del área de estudio o aledaña, en la cual se consultaron documentos del CEDOC del Ministerio de Energía y Minas e INETER. Esto se efectuó a través de la recopilación y lectura de informes, estudios y boletines geológicos, así como la obtención de mapas topográficos, fotografías aéreas, ortofotomapas, imágenes de radar e imágenes LandSat.

Se analizaron e interpretaron las fotografías aéreas a escala 1: 60 000 editadas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 1964); Igualmente imágenes de radar a escala 1: 250 000, grabadas por la Westinghouse Electric Corporation Earth Resources Programme, para la Dirección General de Cartografía de Nicaragua, en 1972, las que fueron compiladas en una serie de mosaicos a escala 1: 100 000 adecuadas para levantamientos cartográficos regionales, y las imágenes LandSat tomadas para Nicaragua por el Centro Espacial de Estados Unidos, en 1975 por la Corporación Espacial de Suecia, a escala 1: 250 000. Con esta interpretación, se facilitó identificar diferentes aspectos geológicos y morfológicos, como fallas, fracturas, lineamientos, estructuras semi - circulares, contactos, patrones de drenaje.

Se digitalizaron las curvas de nivel del mapa topográfico, para así obtener el mapa digital a escala 1: 50 000, en el que se representó el relieve superficial del área, identificando así la morfología y contactos geológicos entre las diferentes formaciones y estructuras geológicas, tomando en cuenta el comportamiento de las curvas de nivel.

En base a los mapas obtenidos de esta etapa de gabinete e interpretación de fotografías aéreas e imágenes de radar y LandSat, se elaboró un mapa fotogeológico y de estructuras, catalogado como un mapa preliminar, donde se reflejaron las extensiones de las formaciones del Grupo Pre-Matagalpa y sus rasgos estructurales, y que se utilizó en las etapas de campo.

2.2 TRABAJO DE CAMPO

En esta etapa, se realizó un reconocimiento general para localización de afloramientos y su levantamiento geológico, al igual que la verificación de los rasgos y aspectos morfo-estructurales, utilizando los mapas previamente elaborados en la etapa preliminar de gabinete.

En el ámbito geológico, se realizó la visita a los afloramientos sobre las marchas rutas proyectadas, donde se describió las diferentes formaciones y unidades de rocas, contactos litológicos y lineamientos existentes. Se colectaron muestras sistemáticamente de las rocas aflorantes, en donde se procedió a ejecutar la debida descripción macroscópica de las mismas.

En el ámbito estructural, se realizaron mediciones de las actitudes de las rocas, tales como rumbo, buzamiento y desplazamientos en estructuras geológicas de fallas, fracturas y lineamientos, de igual forma se describió la morfología existente del sitio.

Todas las observaciones y datos tomados en el campo fueron marcados en el mapa lito-estructural de la etapa de gabinete, siendo este el mapa base topográfico lográndose confeccionar un mapa de afloramientos o puntos de muestreos; de igual forma se realizaron levantamientos de columnas

estratigráficas en los afloramientos de las formaciones sedimentarias (Tcre y Tem).

2.3 TRABAJO POSTERIOR A CAMPO

Con todos los datos obtenidos de las etapas anteriores, se realizó un análisis del área, teniendo en cuenta la elaboración de los diferentes mapas, para poder cumplir con los objetivos específicos y general, trazados en el capítulo I de este documento.

2.3.1 MAPA GEOLÓGICO

En la elaboración y confección de este mapa utilizó, como base el mapa topográfico Río Pilán serie 3253 – II, realizando la debida interpretación de las fotografías aéreas, para determinar las estructuras de falla, fracturas, diques, estructuras circulares y contactos geológicos y geomorfológicos, así como el desarrollo de campo donde se realizaron modificaciones, verificaciones y correcciones al mapa preliminar y la obtención de nuevos datos adquiridos en la zona de estudio.

Es de importancia mencionar que en esta zona del cuadrante Río Pilán no existe ningún levantamiento geológico, sino que con ayuda de los cuadrantes aledaños cartografiados por el Ministerio de Energía y Minas, se correlacionaron las extensiones de las formaciones y el patrón de dirección de las estructuras geológicas.

2.3.2 MAPA GEOMORFOLÓGICO

Este mapa se elaboró siempre tomando como base el mapa topográfico y la relación con la estratigrafía de la zona, auxiliándose de la interpretación de las fotografías aéreas, de igual manera, se consideraron agentes exógenos que modelan el paisaje de acuerdo a las características y composición de las rocas y al ambiente climatológico de la región.

Un elemento base que ayudó a definir las diferentes unidades geomorfológicas fue la confección de un mapa de sombras, realizado con el software ArcGis 10, mediante el cual se definieron las alturas y la división morfológica, además de identificar el lineamiento de rumbos de las crestas de los cerros y su relación con el tipo de roca que los constituyen, con lo que se estableció diferencias entre las diferentes formaciones geológicas encontradas en el área.

2.3.3 MAPA ESTRUCTURAL

Se confeccionó mediante la interpretación de las fotografías aéreas y la ayuda de elementos visuales de las imágenes LandSat, imágenes de radar y los ortofotomapas, algunas estructuras geológicas de fallas, fracturas, estructuras circulares y lineamientos, las que fueron identificadas en campo tomando en cuenta los cambios bruscos del relieve y algunos indicadores cinemáticos, donde influye el drenaje de la zona, que es un factor indicativo del fallamiento; y otras estructuras que fueron verificadas de acuerdo al mapa fotointerpretado.

En el caso de las estructuras circulares, se pudieron determinar cuatro estructuras, y otras estructuras semicirculares, que son notables en las fotografías aéreas y en las imágenes de radar, las que fueron verificadas en el campo, manteniendo aun su morfología, pero ya con avanzados indicios de erosión, una de ellas tiene un diámetro de 6.25 km en su eje mayor de rumbo E – W y 3.1 Km de diámetro en su eje menor de rumbo N – S. Anexo 2.

2.3.4 MAPA DE DRENAJE

Se elaboró a partir del diseño efectuado por las aguas superficiales que influyen en la modelación del paisaje, clasificando el patrón de drenaje y ubicándolo en sub-cuencas de la cuenca hídrica número 61, denominada Cuenca Rio Escondido, este mapa se ejecutó con la idea de relacionar los aspectos lito-estructural que influyen en el patrón de drenaje de la zona.

2.3.5 MAPA DE AFLORAMIENTOS O PUNTOS DE MUESTREO

La base de este mapa es el mapa topográfico, donde se ubicaron los puntos de visitas a afloramientos en las etapas de campo y los que serán diferenciados por el tipo de formación existente donde recaen. Anexo 3 y 4.

2.4 MATERIALES UTILIZADOS

- Mapa topográfico, escala 1: 50 000
- Fotografías aéreas, escala 1: 40 000
- Imágenes LandSat, escala 1: 250 000
- Imágenes de Radar, escala 1: 250 000
- Estereoscopio de espejo y bolsillo
- Brújula
- Piqueta
- GPS
- Lupas 20x - 30x
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Bolsas de muestras
- HCl (10%)
- Mochila
- Marcadores
- Cinta métrica
- Lapiceros, lápices.

2.5 DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Elaborados los mapas (geológicos, geomorfológicos, estructural, drenaje y puntos de muestreo), ya definitivos y verificados, se procedió a escanearlos, georeferenciarlos y digitalizarlos con el sistema de información geográfica SIG (Software ArcGis 10). De igual forma, se realizaron a mano, perfiles o cortes geológicos, columnas estratigráficas y el diagrama de veracidad lo que se digitalizaron, con el objetivo de confeccionar el aspecto y la presentación del mapa geológico a escala 1: 50 000.

CAPÍTULO 3

3. MARCO GEOTECTÓNICO REGIONAL

La región de América Central tectónicamente, se encuentra localizada en el límite occidental de la placa Caribe, entre las placas Norteamericana y Suramericana, donde la interacción con las placas Pacífica, Coco y Nazca provoca una geodinámica compleja que caracteriza la región (Frischbutter, 2002). Fig. 2

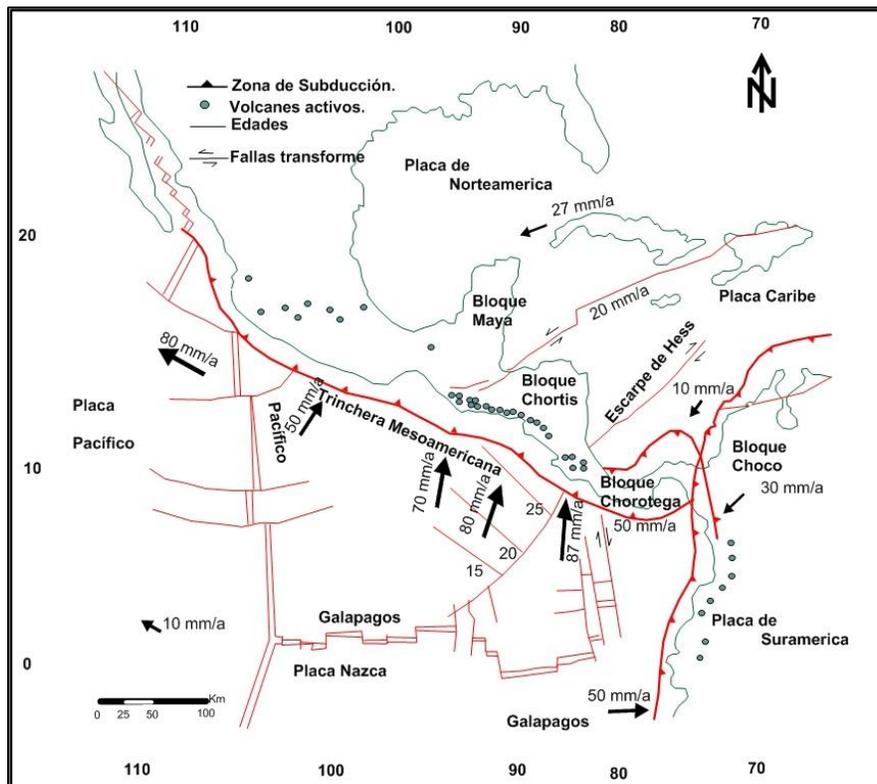


Fig. 2 Mapa Tectónico de América Central (Frischbutter, 2002)

Según la reconstrucción del Pangea, la placa Caribe no existía hace unos 200 Ma y se desarrolló, debido a la posición relativa del Norte y Suramérica después del rompimiento del Pangea en el Triásico – Jurásico (Bullard et al, 1965).

Para describir la evolución de la placa del Caribe sugiriendo que el núcleo se originó de rocas volcánicas proveniente de la placa Nazca, al momento de pasar por encima del punto caliente de Las Galápagos, luego este bloque se desplazó hacia el E, ubicándose en el espacio creciente entre las placas Norteamericana y Suramericana (Dengo y Casae, 1990).

La Placa Caribe tiene sus límites, al N con la placa Norteamericana en el sistema de fallas Motagua-Polochic-Jocotán, fosa Cayman, la fosa de Puerto Rico y fosa Muertos, predominando un desplazamiento horizontal. Al S limita con la placa Suramericana, que comprende una amplia zona de deformación caracterizada por estructuras de plegamientos y fallamientos de desplazamiento horizontales; al E limita con la zona de subducción que forma las Islas Barbados y la Fosa de Tobago, ubicada entre las islas Barbados y las Antillas menores; al W limita con la fosa Mesoamericana (Dengo y Casae, 1990).

Nicaragua se encuentra ubicada en el límite W de la placa Caribe, la cual se desarrolló en el Neógeno debido a la convergencia con la placa Cocos; esta placa Caribe converge a una velocidad aproximada de 8cm/año y con un ángulo aproximadamente de 80 ° (Astrand, 1984).

Los focos asociados con el mecanismo de subducción, definen un buzamiento hacia el NE de la zona de Benioff que se extiende a profundidades mayores de 200 km debajo de América Central formando así la Fosa Mesoamericana (Dengo y Case, 1990).

América Central en su basamento, está constituida por bloques tectónicos de diferentes naturalezas (Dengo, 1968), cuyos márgenes son complejos cinturones tectónicos activos que han evolucionado a lo largo del Cenozoico y se caracterizan por un fallamiento horizontal, plegamiento compresional, empuje y deformación (Dengo y Case, 1990), estos bloques son:

- A- Bloque Maya: Su naturaleza es continental, compuesto por rocas ígneas y metamórficas, cubiertas por rocas sedimentarias del Paleozoico superior y se localiza en la porción Norte de la placa Caribe.
- B- Bloque Chortis: De naturaleza continental, compuesto por rocas metamórficas de edades paleozoicas a Pre-Terciario, intruidas por numerosos plutones de diferentes edades (Dengo y Case, 1990), está limitado al N por la Falla Motagua-Polochic y al SW por la Fosa Mesoamericana. En Nicaragua este bloque está representado por el complejo metamórfico Esquistos de Nueva Segovia, constituyendo las rocas más antiguas del país.
- C- Bloque Chorotega: De naturaleza oceánica, compuesto por una secuencia de ofiolitas de edad Cretácica, constituidas por basaltos en almohadillas, gabros, peridotitas y peridotitas serpentinizadas, sobreyacidas por sedimentos con abundantes restos de fósiles (radiolaritas) (Dengo y Case, 1990).

3.1 GEOLOGIA REGIONAL

Nicaragua empezó su configuración geológica a partir del paleozoico y finalizó con la actividad volcánica a principios del cuaternario, estos lapsos de tiempo, fueron afectados por una serie de eventos característicos que no ocurrieron de igual manera en toda la región. (Hodgson, 2002).

Nicaragua fue dividida en cinco provincias geológicas - estructurales por Hodgson en 1972. Fig. 3, tomado en cuenta la fisiografía y características estructurales de las provincias.

PROVINCIAS GEOLÓGICAS

- 1- Provincia geológica de las planicies de la Costa del Pacífico.
- 2- Provincia geológica de la Depresión
- 3- Provincia Central
- 4- Provincia del Norte
- 5- Provincia de los llanos de la Costa Atlántica.

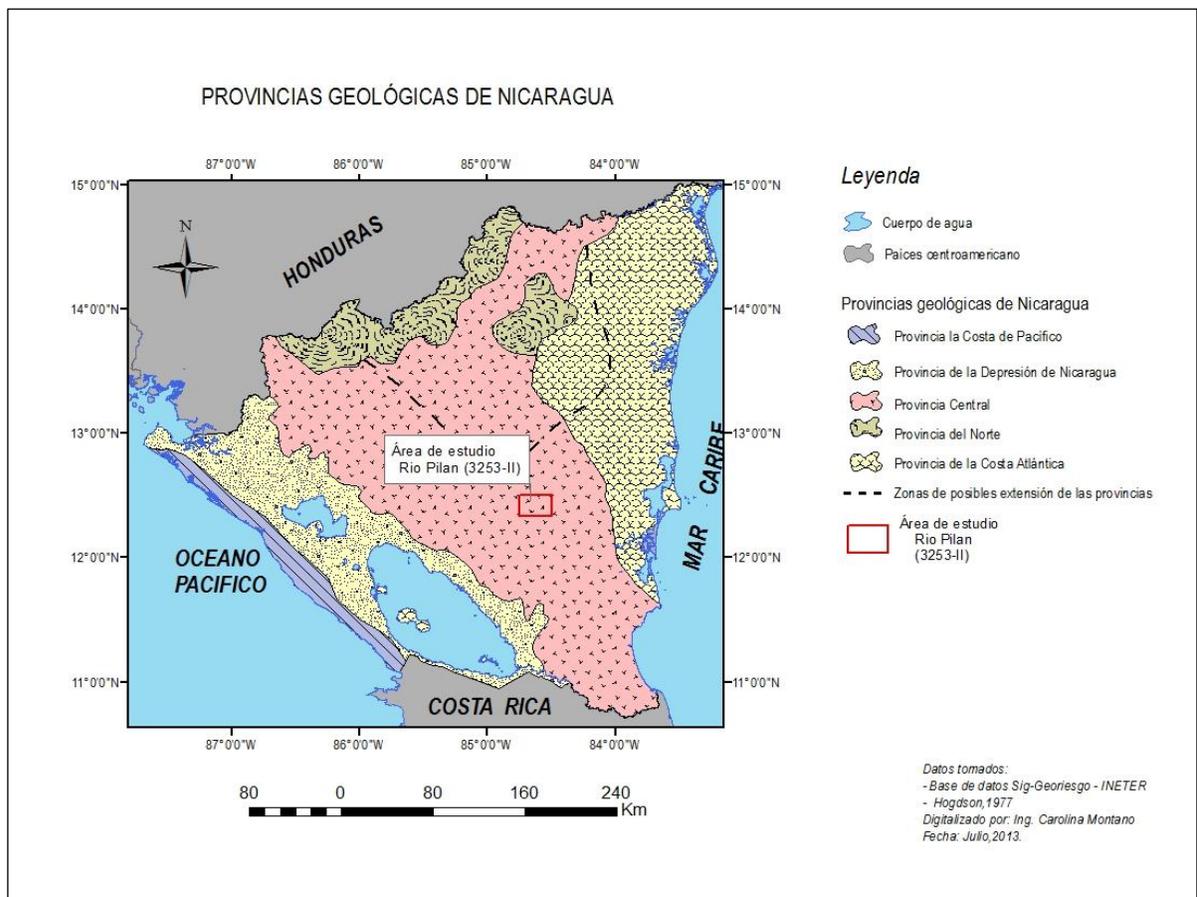


Fig. 3 Mapa de provincias geológicas de Nicaragua (Hodgson, 1972).

3.1.1 PROVINCIA GEOLÓGICA DE LAS PLANICIES DE LA COSTA DEL PACÍFICO

La provincia coincide con una gran parte de la cuenca de sedimentación, ubicada entre la Depresión y la fosa Mesoamericana y continua hacia el SE, en la provincia de Guanacaste y la cuenca de Limón, en Costa Rica (Hodgson, 2000).

La cuenca está rellena por depósitos sedimentarios, constituyendo una secuencia mayor a 10 Km, incluyendo depósitos pelágicos y turbidíticos; depositados entre el Cretáceo superior – Paleoceno (Hodgson, 2000).

Las formaciones geológicas, miembros y capas que conforman esta provincia geológica son:

- **Formación Rivas (Kr)**

Esta formación se enmarca dentro de la sección profunda de la Cuenca Sandino, con una orientación dominante NE, donde predominó la deposición de corrientes turbidíticas de baja concentración, sedimentos clásticos (Darce, 2002); la edad de esta formación está dada Fagginer Auer y Wegemann quienes la consideran como Campaniano – Maestrinchano.

- **Capa Sapoá (Tks)**

Se trata de bloques de calizas de origen arrecifal, desprendidos durante el Paleoceno, a partir del quiebre de la plataforma de Barra Honda (Kuang, 1972).

La capa Sapoá, podría ser una caliza externa erosionada, equivalente a la caliza de la base de la Formación Brito, su edad data entre Paleoceno superior – Eoceno inferior (Williams, 1971).

- **Formación Brito (Teb)**

Esta formación se compone de una sucesión de sedimentos vulcanoclásticos y carbonatados, cuya edad ha sido establecida entre el Paleoceno superior – Oligoceno inferior (Hodgson, 2000).

Esencialmente esta formación del Paleógeno comprende: calizas, margas, lutitas de coloración ocre con intercalación de capas de arenas feldespáticas y cuarzo, además hay brechas y conglomerados, con intercalaciones de calizas, se le es observable una meteorización esferoidal en las areniscas de esta formación (Hodgson, 2000).

- **Formación Masachapa (Tom)**

Está representada por sedimentos someros depositados durante el Neógeno, litológicamente se trata de una secuencia de lutitas calcáreas y tobáceas, lodolitas y limolitas con intercalaciones de brechas y areniscas, en su base y techo conformadas por conglomerados, se le data como Oligoceno, basándose con la fauna de la formación (T. C. Wilson, 1942).

- **Formación El Fraile (Tmf)**

Está conformada por depósitos de sedimentos marinos someros, se le determina una edad de Mioceno, litológicamente está compuesta por intercalación de lutitas tobáceas, calizas, conglomerados y madera fósil.

- **Formación Tamarindo (Tmt)**

Esta formación difiere al resto de formaciones de esta provincia pues es de origen volcánico, constituido por lavas andesíticas y aglomerados, superpuesto por una serie ignimbrítica, se le data con Mioceno inferior (McBirney, 1965).

- **Formación El Salto (Tps)**

Esta formación J. Kuang, (1971), la diferenció en dos miembros: un miembro superior, arenáceo y un miembro inferior de coquina (W. P. Woodring, 1925), se le data con edad plioceno, la cual fue designada de acuerdo a su fauna, por W. Fagginer Auer, 1941.

3.1.2 PROVINCIA GEOLÓGICA DE LA DEPRESIÓN

Esta provincia abarca todos los materiales que fueron depositados en el Graben de Nicaragua y en el Graben de Managua; comprende la cadena de volcanes activos y los depósitos cuaternarios; es una depresión tectónica alargada, paralela a la costa del Pacífico nicaragüense, ubicada en la Placa Caribe (McBirney & Williams, 1965).

En esta provincia geológica se encuentran los siguientes grupos y formaciones:

- **Grupo Las Sierras (TQps)**
- **Grupo Managua (Qma)**
- **Grupo Coyol dentro del graben**

3.1.3 PROVINCIA DEL NORTE

En el área que comprende la región NW – NE de Nicaragua, fue señalada por Hodgson en 1988, como la provincia geológica del Norte, la cual abarca la plataforma Paleozoica, la Mesozoica cuenca de Rio Bocay y áreas del Norte de los terrenos altos del interior.

La provincia está compuesta por rocas metamórficas, consideradas como las más antiguas del país, comprende rocas de bajo grado de metamorfismo, tales como mármol, cuarcitas, pizarras y otras rocas metasedimentarias (Hogdson, 2000).

Garayar J. en 1972 menciona que las rocas metamórficas aflorantes en Nicaragua, son de bajo grado de metamorfismo que comprende: filitas, mica-esquistos, cuarcitas, pizarras, mármoles, esquistos calcáreos – hornblendicos – anfibolíticos y lo relaciona con el basamento cristalino metamórfico de Guatemala.

Dentro de esta provincia geológica son incluidas las formaciones de origen sedimentario:

- **Formación Totogalpa (Tot)**
- **Formación Metapan (Km)**

3.1.4 PROVINCIA DE LOS LLANOS DE LA COSTA ATLÁNTICA

Abarca la cuenca de la Mosquitia, la cuenca Costera y el Banco de Nicaragua, y fueron estudiadas por Karin et al 1966, Arden 1969-1970. Mills & Hugh 1974, Weyl 1970, y compañías petroleras entre los períodos de 1940 – 1978 (Hogdson, 2000).

Litológicamente esta provincia está constituida por depósitos aluvionales de grande espesores y cubriendo gran parte de la provincia, impidiendo la visibilidad de las rocas sedimentarias que fueron depositadas en las cuencas (Mosquita y Costera)

Dentro de los llanos de la Costa Atlántica prefiguran las siguientes formaciones y miembros:

- **Formación Bragman's Bluff (QTbr)**
- **Formación Martínez**
- **Formación Mosquitia**
- **Miembro Kamanon**
- **Formación Punta Gorda**
- **Formación Touche**

3.1.5 PROVINCIA CENTRAL

Esta provincia está comprendida entre el límite S de la provincia del Norte, y el límite W con la provincia de la depresión, al S limitada por el Río Indio y al E con los llanos de la Costa Atlántica.

El área de estudio se encuentra localizada en esta provincia geológica y comprende básicamente flujos de lavas, alternados con la actividad volcánica explosiva del Terciario, es una de las provincias más afectada por los movimientos tectónicos con la intrusión de cuerpos plutónicos, favoreciendo así la deposición de minerales de interés económico en la mayor parte de esta provincia.

En la Provincia Central, destacan los grupos Coyol, Matagalpa y Pre-Matagalpa, constituidos por formaciones, unidades y miembros volcánicos y otros de origen

sedimentarios, en este último grupo de rocas (Grupo Pre-Matagalpa), es en donde se ubica geológicamente la hoja topográfica Río Pilán.

- **Grupo Coyol**

McBirney (1965), a partes de este grupo, del margen W de Matagalpa, lo señala como extensos depósitos horizontales de lavas e ignimbritas que forman amplias mesetas y altiplanicies.

El nombre de grupo El Coyol fue introducido en 1969, por los geólogos Garayar J., Hodgson G., Ferrey C., Williams R. et al, los que dataron una secuencia Mioceno – Plioceno para el grupo de alternancias cíclicas de productos volcánicos básicos, intermedios e ignimbritas ácidas (Hodgson, 2000).

El trabajo de la Hunting en 1972, a base de la interpretación de imágenes de radar, subdividió el alineamiento de la serie ignimbrítica en dos secciones, una en el NW y la otra en el Central – SE, que representa la zona de transición entre la sección NW y los depósitos volcánicos del Sur, en donde la ignimbrita de esta zona fue depositada en mesetas ligeramente inclinadas, creando formas topográficas características de mesetas y cuevas escalonadas (Hodgson, 2002).

- **Grupo Matagalpa**

Introducido por primera vez por McBirney & Williams 1965, como la serie Matagalpa para las rocas volcánicas indiferenciadas y sedimentos subordinados, posteriormente geólogos del SGN en cooperación con la Parson Corp. En 1972 emplearon el nombre de grupo Matagalpa, para un conjunto de rocas volcánicas que aparentaban indiferenciarse pero a medida que avanzaban las investigaciones se pudieron determinar la existencia de cambios litológicos bien marcados (Hodgson, 2000).

En 1971, Garayar J., se refiere a la subdivisión del Matagalpa en dos sub-grupos en los cuales señala la diferencia litológica pero no delimitó la separación entre las ignimbritas de los sedimentos; posteriormente Hodgson et al, 1983, subdivide al Matagalpa en tres formaciones.

El grupo está constituido por una facie andesíticas (Matagalpa superior), subordinada con sedimentos lacustres, basaltos y tobas; por riolitas y tobas (Matagalpa medio), subordinada con sedimentos tobáceos; por sedimentos tobáceo lacustres y fluvial (Matagalpa Inferior) subordinada por toba, ignimbritas y diques básicos.

Las andesitas y basaltos de este grupo se encuentran altamente meteorizadas, constituyendo un criterio más para poder diferenciarlas del Grupo Coyol, la edad del grupo Matagalpa se extiende desde el Eoceno hasta el Mioceno medio.

Hodgson en 1971, señala que el grupo Matagalpa ha sido cortado o intruido por un cuerpo granodiorítico con inclusiones de andesitas, las cuales dataron 28 m.a correspondiente al Oligoceno superior.

- **Grupo Pre – Matagalpa**

El área de estudio, se ubica geológicamente dentro de este grupo de rocas de la provincia Central el cual posee las siguientes características litológicas, morfológicas y estructurales:

Hodgson (1984-1987), en el levantamiento geológico del área E y a lo largo de la geotransversal Santo Tomás – El Rama, obtiene evidencias de la presencia de un tercer grupo de rocas el cual está alternada por rocas básicas, tobas y sedimentos subordinados; la secuencia de este nuevo grupo de rocas comienza con sedimentos lacustres-marinos y termina con sedimentos marinos todo el conjunto fue asignado con el nombre de Pre-Matagalpa.

El grupo de rocas del Pre-Matagalpa comprende un área que se cree coincide casi con el total del área de las Regiones Autónomas del Atlántico (RAAN y RAAS) (Hodgson, 2000).

Las unidades del grupo Pre-Matagalpa presentan una morfología diferente a la del grupo Coyol y Grupo Matagalpa, generalmente presentan, una morfología apreciable reflejando arrugamientos debidos a los esfuerzos, curvas arqueadas y flexuras (Hodgson, 2000).

La apariencia general de la existencia de una discordancia regional con los otros grupos (Coyol y Matagalpa), concuerda que las rocas de este grupo Pre – Matagalpa, aunque ligeramente buzanan hacia el W, este buzamiento tiene una expresión regional a medida que se va ascendiendo en el número de paleoarcos volcánicos (Hodgson, 1984).

En la parte volcánica del Sur de este grupo Pre-Matagalpa, según la interpretación de imágenes de radar por la Hunting, (1972), se observa al lado W de la desembocadura del Río San Juan, estructuras lineales en crestas de rumbo NE y buzamiento al NW de grandes extensiones, correspondientes a la formación Machuca cubierta en parte por depósitos piroclásticos y lavas.

Las rocas volcánicas del área de estudio según Hodgson, comprenden tobas de diferentes facies eruptivas y composición de bajo y alto grado de compactación, alternados con andesitas – basaltos, intercalados con delgados depósitos de tobas. Se diferencian cuatro formaciones y una unidad sedimentaria:

- 1- Formación Matiguás (Tema)
- 2- Formación Caracol (Teca)
- 3- Unidad Río Wilike (Terw)
- 4- Formación Machuca (Tem)
- 5- Formación Río Escondido (Tcre).

Y en las formaciones volcánicas existentes de este grupo destacan:

- 1- Unidad Río Rama (Terr)
- 2- Formación Río Mico (Terma)
- 3- Grupo Río Saiz (Krs)
- 4- Unidad Muelle de los Bueyes (Tpamb)
- 5- Formación La Batea (Teba).

El espesor del grupo Pre-Matagalpa no ha sido definido aún, pero en la porción Sur en donde las rocas han sido menos deformadas se ha estimado un espesor 1700 m.

Hodgson 1985 (datación de las rocas) señala una edad de Eoceno para las rocas de la Formación Matiguás, que descansan sobre las rocas volcánicas del Grupo Pre-Matagalpa; Hayes (1899) señala una edad de eoceno-oligoceno para la formación Machuca que descansa sobre rocas volcánicas antiguas del Sur.

Hodgson retoma trabajos de Paz Rivera (1962), el cual señala rocas volcánicas ocupando la parte baja de la Cordillera Isabelia y que subyace rocas sedimentarias del Albiano (Rio Bocay); análisis radiométricos de varias rocas del E, consideradas como Pre-Matagalpa, las cuales dieron edades que varían entre los 27 a 96 millones de años, esto indica que las rocas del Grupo Pre-Matagalpa oscilan entre el Terciario inferior y el Cretáceo superior a medio (Hodgson, 2000).

CAPÍTULO IV

4. FISIOGRAFÍA

4.1 TOPOGRAFÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El área de estudio se ubica en el límite SE de la provincia fisiográfica de la cordilleras de Wapí; está caracterizado por un relieve de suave a moderado y en ocasiones semi-abrupto, con elevaciones que varían desde los 60 - 320 msnm.

Se delimitaron cinco zonas fisiográficas, en base a la subdivisión morfológica y fisiográfica realizada mediante la interpretación de Imágenes de radar por la Hunting Geology and Geophysics en 1972.

4.1.1 Zonas de Relieve llanos y ondulados sin accidentes

Abarca gran parte del área de Río Pilán, ubicadas en las porciones Centro – E, W y NE, donde se presenta un relieve llano y ondulado, en la que es característico y muy particular de esta zona observar pequeños cerros muy erosionados, algunos en formas dómicas de suaves pendientes y otros de crestas elongadas, que oscilan entre los 60 – 100 msnm, la zona se presenta atravesada por los principales ríos de dirección preferencial NE los que drenan sus aguas en el río Siquia.

4.1.2 Zonas de Relieves tabulares

Esta zona se extiende en la parte NE del área de estudio, donde se observan cerros en formas de mesas con crestas elongadas y de pendientes suaves a moderadas, las cuales están alineadas con rumbos preferenciales NW - SE, las cotas de elevación en esta zona varían entre los 90 – 140 msnm; esta zona se encuentra muy disectada por estructuras geológicas de fallas y fracturas, las cuales en su mayoría sirven de patrón de drenaje, las que originan un drenaje rectangular, dominado o regido por estas estructuras.

4.1.3 Zona de Relieve llano con cerros aislados

Localizada en la porción S del mapa geológico, en ella son describibles pequeños cerros aislados de suaves pendientes en zonas peniplanizadas, las elevaciones de esta zona está entre los 100 – 140 msnm, cabe destacar que esta zona llana y con cerros aislados, está bordeada por cerros elongados de pendientes moderadas.

4.1.4 Zona de Relieve de pendientes largas y suaves, relieves arqueados moderados a semi-abruptos

Esta zona se localiza en las partes SE, Centro – SW y NW, presenta un relieve variable entre áreas de pendientes largas y suaves; y cerros alineados y arqueados de pendientes moderadas a semi-abruptas, estas últimas en ocasiones casi verticales con alturas que oscilan entre los 150 – 320 msnm, esta zona está formada por un complejo de cerros, los cuales se encuentran alineados en su mayoría con rumbo NE – SW como los son las Lomas de Pilán (318 msnm), Loma El Jobo (206 msnm), Cerro El Gigante (248 msnm); y cerros de formas dómicas y alargados agrupados: Loma La Pelona (247 msnm); en estas zonas se encuentran las nacientes de los ríos tributarios que desembocan en los ríos principales (Siquia, Pilán, Musuwaka e Inquinis).

4.1.5 Zona de Relieves semi-abruptos y escarpados

Esta zona se diferencia específicamente en cerros de origen intrusivos, los que destacan o sobresalen en la fisiografía del área de estudio, ubicados en las porciones NW y SW del cuadrante, las cotas de elevación varían entre los 200 – 320 msnm, presentan pendientes casi abruptas y escarpadas casi verticales, tales como Loma Las Breñas (230 msnm), Cerro Peña Blanca (261 msnm), Cerro El Alcalde (235 msnm), Loma La Tigra (247 msnm), Cerro Grande (324 msnm).

4.2 CLIMA Y VEGETACIÓN

4.2.1 CLIMA

Para determinar las zonas climáticas se utilizó la clasificación de Köppen, que considera la temperatura media anual, su variabilidad a través del año y la precipitación total anual.

El Clima de la región, es Monzónica, con precipitaciones anual de 2950 – 3100 mm, el régimen lluvioso empieza en los meses de mayo a enero, presentándose en los meses de febrero – abril, algunas lloviznas ligeras y las temperaturas fluctúan entre los 23 °C - 24.5°C. (Fuente: Plan de Inversión del Gobierno Regional de la RAAS, 2009 – 2012).

4.2.2 VEGETACIÓN

La región está en su mayor parte cubierta por una vegetación boscosa latifoliada y bosques caducifolios, diseminadas en todo el área de la hoja topográfica, relacionadas principalmente a las condiciones climáticas y de drenaje, constituida por varias asociaciones vegetales; los árboles predominantes alcanzan alturas de hasta 25 m, de igual manera existen amplias zonas de pastizales y hierbas de baja estatura.



Foto 1 A. Paisaje y Vegetación característico de Río Pilán, RAAS.

4.3 DRENAJE

Se define como red de drenaje al modelaje que provoca la escorrentía del agua superficial, la que se aprecia en una zona determinada. Esto depende de varios factores como lo son la base litológica, la cobertura vegetal, pendiente de las laderas, caudal, permeabilidad de la roca, capacidad de infiltración, precipitación y régimen de las estructuras; la red de drenaje suministra información sobre la dinámica interna y externa del área.

Formas básicas del patrón de drenaje

- Dendrítico
- Entrecruzado
- Radial
- Anular
- Rectangular
- Paralelo

El drenaje está conformado por ríos principales, los que contienen pequeños ríos y quebradas que verte sus aguas sobre éstos, los que se orientan a desembocar al mar, en el caso de las cuencas exorreicas.

4.3.1 SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS

El área de estudio se ubica dentro de la cuenca hidrográfica No. 61 denominada Cuenca Río Escondido, la que se ubica entre las cuencas Grande de Matagalpa, Kurinwás, Wawashang, Punta Gorda y Río San Juan (MARENA, 2010).

Está comprendida entre los municipios de Camoapa, perteneciente al departamento de Boaco; El Coral, La Libertad, San Pedro de Lóvago, Santo Domingo, Santo Tomás y Villa Sandino del departamento de Chontales y el Atlántico Sur con El Rama, Muelle de Los bueyes, Nueva Guinea, Bluefields, Bocana de Paiwas, Kukra Hill y El Tortuguero (MARENA, 2010).

Esta cuenca está dividida en 30 sub-cuencas, entre las que sobresalen las subcuencas del Río Mico, Río Rama, Río Siquia, Río Musuwaka, Río Inquinis, Río Pilán y Río La Tigra, siendo estas últimas ubicadas en el mapa geológico Río Pilán.

En la zona de estudio se identificaron y delimitaron cinco subcuencas y ríos tributarios del río Tutuwaka, a partir del sistema de drenaje y dirección agrupacional y preferencial hacia un río principal, clasificadas como:

- Subcuenca del Río Siquia
- Subcuenca del Río Pilán
- Subcuenca del Río La Tigra
- Subcuenca del Río Inquinis
- Subcuenca del Río Musuwaka
- Tributarios del Río Tutuwaka

4.3.1.1 SUBCUENCA DEL RÍO SIQUIA

Esta subcuenca ocupa un área 79.80 km², posee en la porción NW del mapa una dirección preferencial NE – SW y en la parte NE una dirección NW – SE, debido a que su patrón de drenaje se rige por una estructura de caldera de carácter regional la cual no aflora en el área de estudio.

La subcuenca del Río Siquia, es del tipo exorreica y presenta un patrón de drenaje paralelo, aunque en las cabeceras de los ríos denota un drenaje rectangular, evidenciado por el control de la estructuras de fallas y fracturas, los afluentes que drenan hacia este río colector, forman valles abiertos y en formas de “V” en las rocas de la unidad Río Rama (Terr) y valles en forma de “U” en los depósitos cuaternarios conformados por sedimentos recientes (terrazas).

Los principales ríos y quebradas que drenan en el colector Siquia son: Río Róbalo, La Calenturita, Tres Hermanas, Mamita, El Cristal, El Alcalde y la Isla.

El río Siquia que sirve de colector en esta subcuenca posee 16 km de extensión (aflorantes en el mapa Río Pilán), pero este río posee una mayor extensión pues conforma uno de los principales ríos de la cuenca Río Escondido.



Foto 1B. Valle en forma de “V” labrado por el Río Siquia en las rocas de origen piroclástico de la unidad Río Rama (Terr).

4.3.1.2 SUBCUENCA DEL RÍO PILÁN

Es la subcuenca que ocupa la mayor extensión con un área de 201.74 km², posee una orientación preferencial NE – SW, aunque en las coordenadas N 1363300 – E 778000, cambia su rumbo a NW – SE, debido al fallamiento de carácter regional del área.

Es una subcuenca de carácter exorreico, drena sus agua a la subcuenca del Río Siquia, en la hoja topográfica Wapí serie 3353 – III, presenta un patrón de drenaje dendrítico y subparalelo en los lugares en que los ríos tributarios drenan sus agua en el río colector Pilán.

El río Pilán forma valles abiertos en forma de “U”, debido a que atraviesa toda la formación Río Escondido (Tcre), ubicada en la porción centro E – W del cuadrante cartografiado, y en la unidad Río Rama en la porción NE denota valles en forma de “V” y cerrados.

El colector Río Pilán posee una extensión de 39.3 km y drenan hacia él, los ríos y quebradas: Río El doctor, Girasol Chiquito, Palenque, El Jobito, El Jobo, Castellón, La Papaya y Río de Enmedio.

4.3.1.3 SUBCUENCA DEL RÍO LA TIGRA

Es una subcuenca de tipo exorreica, es una de las subcuenca con menor área en el cuadrante Río Pilán, con 63.26 km² de área, posee una dirección preferencial NW – SE, aunque sus tributarios de mayor envergadura corren en dirección E – W, denota un patrón de drenaje del tipo dendrítico.

Su río principal llamado Río La Tigra, forma pequeños valles cerrados en forma de “V” y los tributarios a esta forman escapados valles cerrados, de igual manera en forma de “V” y sus nacientes se encuentran en las partes altas de la formación Río Mico (Terma).

El Río principal o colector Río La Tigra, tiene una longitud de 17 km, al cual lo rige el parámetro estructural, los principales ríos y quebradas que verte sus aguas en este colector son: Río El Jobito, El Aguacate, Loma Grande.

4.3.1.4 SUBCUENCA DEL RÍO INQUINIS

Esta subcuenca denominada río Inquinis, es del tipo exorreico, drena sus agua al Río Pilan, presenta una dirección preferencial NE – SW, su patrón de drenaje es subparalelo, la subcuenca presenta un área de 89.82 km².

El río colector llamado Inquinis, posee una extensión de 31 km, este río principal rumba en dirección NE – SW, pero cambia de rumbo a N – S en las coordenadas N 1368000 – E 762000, debido a que se rige por la estructura circular Musuwaka.

A su paso por las rocas volcánicas de la formación Río Mico, forma variables valles denotándose principalmente los en forma de “V” y en las rocas sedimentarias de la formación Río Escondido forma valles amplios en forma de “U” de suaves escarpes.

Los principales ríos y quebradas que dan hacia el colector son: Río Los Abandonos, La Esperanza, El Chipote, El Jobito y Caño Los Garcias.

4.3.1.5 SUBCUENCA DEL RÍO MUSUWAKA

Esta subcuenca se orienta en dirección NE – SW la cual drena sus aguas en el río Pilán, posee un área de 55.23 km², es del tipo exorreica.

Su patrón de drenaje es subparalelo, en conjunto con los ríos que drenan hacia el río Tutuwaka forman un drenaje radial, está regido por el parámetro estructural de una caldera y cuerpos hipabisales.

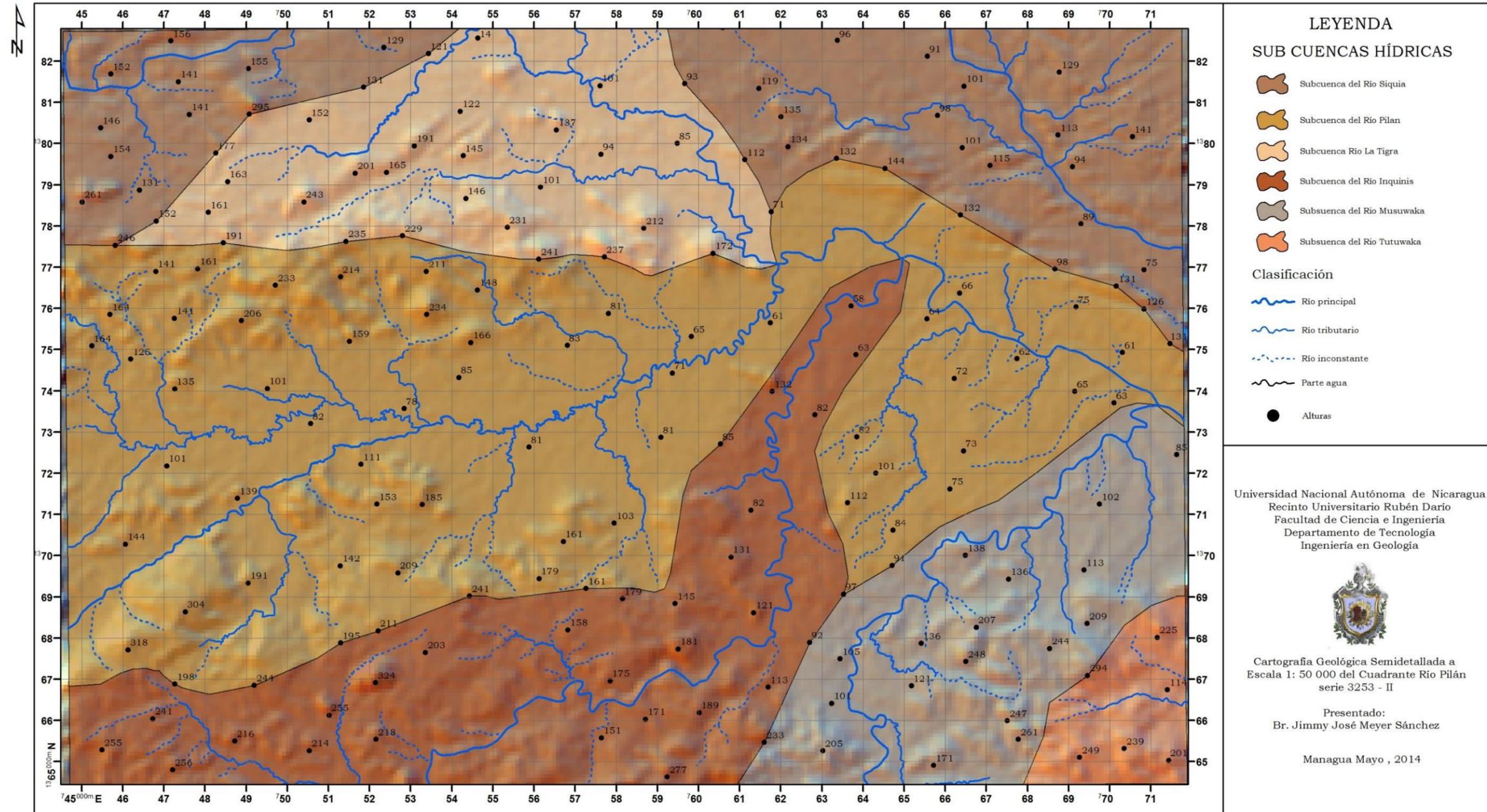
El río colector denominado Musuwaka, tiene una extensión de 17 km, a su paso forma valles en forma de “V” que se cierran a medida que se avanza hacia las nacientes de sus principales tributarios, esta subcuenca está conformada litológicamente por las rocas volcánicas de la formación Río Mico (Terma) y en menor escala por las rocas de la formación Río Escondido (Tcre).

4.3.1.6 TRIBUTARIOS DEL RÍO TUTUWAKA

Estos ríos tributarios del Río Tutuwaka (Subcuenca del Río Tutuwaka), se encuentran en la porción SE del mapa Río Pilán, estos tributarios se caracterizan por tener cauces profundos y labrar valles en forma de “V”, denotan un patrón de drenaje radial controlado por la estructura circular El Corozo.

Su Río Principal o colector es el Río Tutuwaka, el cual se encuentra en la hoja topográfica Wapí serie 3353 – III, pero en la hoja de estudio, el río El Corozo, sirve de subcolector y agrupa ríos y quebradas delimitadas por sus parte aguas. Esta subcuenca cubre un área de 12.02 km² en el mapa de Río Pilán.

MAPA DE DRENAJE RÍO PILÁN Serie 3253 - II



CAPÍTULO V

5. GEOMORFOLOGÍA

El área de estudio se localiza dentro de la provincia de los terrenos elevados del interior (división fisiográfica realizada por la Hunting Geology and Geophysics, 1972), la cual comprende relieves montañosos de diferentes expresiones morfológicas, como mesas, cerros dómicos, cuevas extensas e inclinadas.

Respecto a la división provincial que efectúa Hodgson, 1972, en base a la geología y estructuras, el área de estudio se encuentra en la Provincia Central, la que se caracteriza por presentar una expresión morfológica de arrugamientos debido a los esfuerzos, curvas arqueadas y flexuras.

El área de estudio se ubica en la provincia de terrenos elevados del interior, fue dividida en 7 unidades de acuerdo a su morfología y características fisiográficas:

5.1 UNIDAD DE LLANURAS ALUVIALES

Localizada en la porción NW del área de estudio, formando una especie de franja o cinturón en los valles en forma de “U”, labrados por el curso del Río Siquia en esta porción del cuadrante; la que se caracteriza como una superficie llana o plana en la que se están depositando sedimentos recientes, producto de los procesos primarios de la sedimentación (erosión, transporte y deposición). Las cotas de elevación varía entre los 80 – 100 msnm.



Foto 2. Llanura aluvial a lo largo del Río Siquia, fotografía tomada en las coordenadas N 1382321 – E 749028.

5.2 UNIDAD DE PENIPLANICIES

Esta unidad se encuentra distribuida mayoritariamente en la parte centro E – W, extendiéndose hacia las porciones NW y Centro – SE, se caracteriza por presentar una superficie llana o terrenos peniplanizados, en los que es observable pequeños cerros aislados de crestas elongadas, altamente erosionados, los que son originados por las rocas sedimentarias de la formación Río Escondido (Tcre) y los depósitos cuaternarios recientes (Qr); las cotas de elevación en esta unidad fluctúan entre los 60 – 90 msnm; el drenaje es tipo dendrítico y paralelo.



Foto 3. Terrenos Peniplanizados con pequeños cerros meteorizados de muy suaves pendientes, fotografía tomada en dirección SE en coordenadas N 1372168 – E 764982.

5.3 UNIDAD DE MESAS EROSIONADAS

Se localiza en la parte NE del cuadrante, la que se caracteriza por presentar una expresión morfológica de mesetas erosionadas y escalonadas, de pendientes suaves a moderadas, donde las crestas de estas mesas son elongadas y muchas veces buzantes (hacia el SW), cabe destacar, que en esta unidad el drenaje es sub-paralelo, dominado por el control estructural de las fallas y fracturas, las alturas en la unidad varían entre los 70 – 140 msnm.

En el curso del Río Siquia, no se forman llanuras aluviales en riveras de los valles ni en los ríos tributarios a este, el tipo de roca que originan esta expresión morfológica son las tobas de la Unidad Río Rama (Terr).



Foto 4. Cerros con expresión morfológica de mesas escalonadas erosionadas, con crestas elongadas. Fotografía en dirección NW coordenada N 1380936 – E 769435.

5.4 UNIDAD DE FLUJOS DE LAVA

Esta unidad se encuentra ampliamente dispersa en las porciones NW y S, la cual constituye cuerpos tabulares con orientaciones, de amplia extensión superficial que provienen de fuentes puntuales y otros de fuentes lineales (fisuras, fallamiento), la mayoría de los flujos de lava tienen una dirección preferencial de rumbo NE – SW, en cierta ocasiones de rumbo E – W, las cuales forman pequeños domos agrupados y alineados; en este tipo de morfología se encuentran alturas variables entre los 160 – 240 msnm, conformado por flujos de lavas de la formación volcánica Río Mico (Terma).



Foto 5. Nótese la dirección del flujo de lava con rumbo NE, fotografía tomada en N 1378169 – E 751613.

5.4.1 SUB-UNIDAD DE LAVAS COLUMNARES

Esta sub unidad está localizada al SE del cuadrante, está caracterizada por cerros en formas dómicas y mesas elongadas con rumbos NE – SW, de origen volcánico, que surgen probablemente por fisuras y fallamiento local del área, por las cuales el magma se enfría en forma perpendicular a la superficie dando lugar a la formación de estructuras y formas columnares (lavas básicas).

Está caracterizada por mesas alargadas y orientadas, moderadamente escarpadas (Cerro El Lirio 132 msnm) y suaves colinas, las rocas que originan esta local sub unidad son las andesitas porfiríticas y basaltos – andesitas de la Formación Río Mico (Terma), en la cual se encuentran alturas de 190 – 290 msnm.

Este tipo de roca se encuentra formando valles producto al agente erosivo del agua, en formas de “V”, denotando un drenaje sub – radial de los afluentes de Río Musuwaka y los tributarios del Río Tutuwaka.



Foto 6. Lavas Columnares (Prismas Hexagonales) producto de las andesitas porfiríticas, dando origen a formas de mesas de crestas elongadas.

Fotografía tomada Loma El Corozo (294 msnm) en coordenadas N 1367382 – E 768604.

5.5 UNIDAD DE CONOS Y DOMOS VOLCÁNICOS

Esta unidad de conos y domos, se encuentra dispersa en las porciones Centro – E – W, SE y SW del área de estudio y está conformada y subdivididas en conos y domos de origen volcánico, muchos de estos surgieron debido a lineamientos de fallas. Las alturas en esta unidad son variables dependiendo del tipo de roca que lo conforma.



**Foto 7. Cuerpos hipabisales de formas dómicas alineados en una estructura de falla.
Fotografía tomada en coordenadas N 1375811 – E 756754 en dirección NE.**

5.5.1 SUB-UNIDAD DE DOMOS

Esta subunidad se encuentra en la parte Centro – E – W, SW del área formando domos o cerros en formas de cúpulas debido al origen del magma que los origino (por lo general están formados por rocas de origen intrusivos y cuerpos hipabisales – magmas ácidos e intermedios), presentan pendientes moderadas y en ocasiones abruptas y escarpadas (Cerro El Alcalde 295 msnm), otras estructuras de domos presentan pendientes moderadas y extendidas (Cerro Grande 324 msnm); En esta subunidad de domos, nacen algunas de las pequeñas quebradas y ríos que descargan sus aguas en los ríos de mayor envergadura como lo son río La Tigra, río El Jobito, río La Papaya.



Foto 8. Cuerpo dómico en forma de cúpula de origen intrusivo (Cerro El Alcalde - 295 msnm). Fotografía tomada en coordenadas N 1380602 – E 748792.

5.5.2 SUB-UNIDAD DE CONOS

Esta subunidad de conos se ubica principalmente en las estructuras de calderas, formando antiguos relictos de cuellos o conductos volcánicos, en las porciones SE, SW y Centro del mapa geológico Río Pilán, presentan pendientes moderadas o escarpadas, muchas veces inclinadas ascendientes, dando formas cónicas casi perfectas las cuales las originan rocas de origen hipabisal, (Cerro El Virgo - 204 msnm).

En esta subunidad de conos, al igual que en la subunidad de domos volcánicos, nacen ríos y pequeñas quebradas tributarias que forman drenajes sub – radial (Quebrada La Esperanza).



Foto 9. Cerro de forma cónica (Cerro El Virgo) de pendientes moderadas a semi – abruptas. Fotografía tomada en coord. N 1374940 – E 752820.

5.6 UNIDAD DE CRÁTERES Y CALDERAS

En esta unidad destacan formas de calderas y cráteres erosionados, las que se restringen a ser depresiones volcánicas en forma circular o elipsoidal, muchas veces estructuras semi-circulares, que se originan por el colapso de una primera estructura (subsistencia); las paredes de éstas son casi verticales a sub – verticales o de medias a suaves inclinaciones, se encuentran transformadas por la erosión; Estas geo - formas de calderas y cráteres, se encuentran en las porciones Centro – NW, SW, SE del cuadrante, en la mayoría de los casos en estas estructuras sus ejes mayores rumban en dirección NE – SW y E – W.

Esta unidad está conformada por rocas volcánicas de la unidad Río Rama (Terr) y la formación Río Mico (Terma); en su interior los relictos de calderas abarcan rocas sedimentarias como las alternancias de lutitas, areniscas y pequeños horizontes calcáreos de la formación Machuca (Tem), como la Caldera La Esperanza, en las que se presenta un patrón de drenaje paralelo orientado al rumbo del eje mayor de las estructuras.



**Foto 10. Morfología de las calderas (elipsoidal) con su eje mayor rumbando NE- SW.
Fotografía tomada en dirección N, en coordenadas N 1367173 – E 755991.**

5.7 UNIDAD DE RELIEVES ESCARPADOS

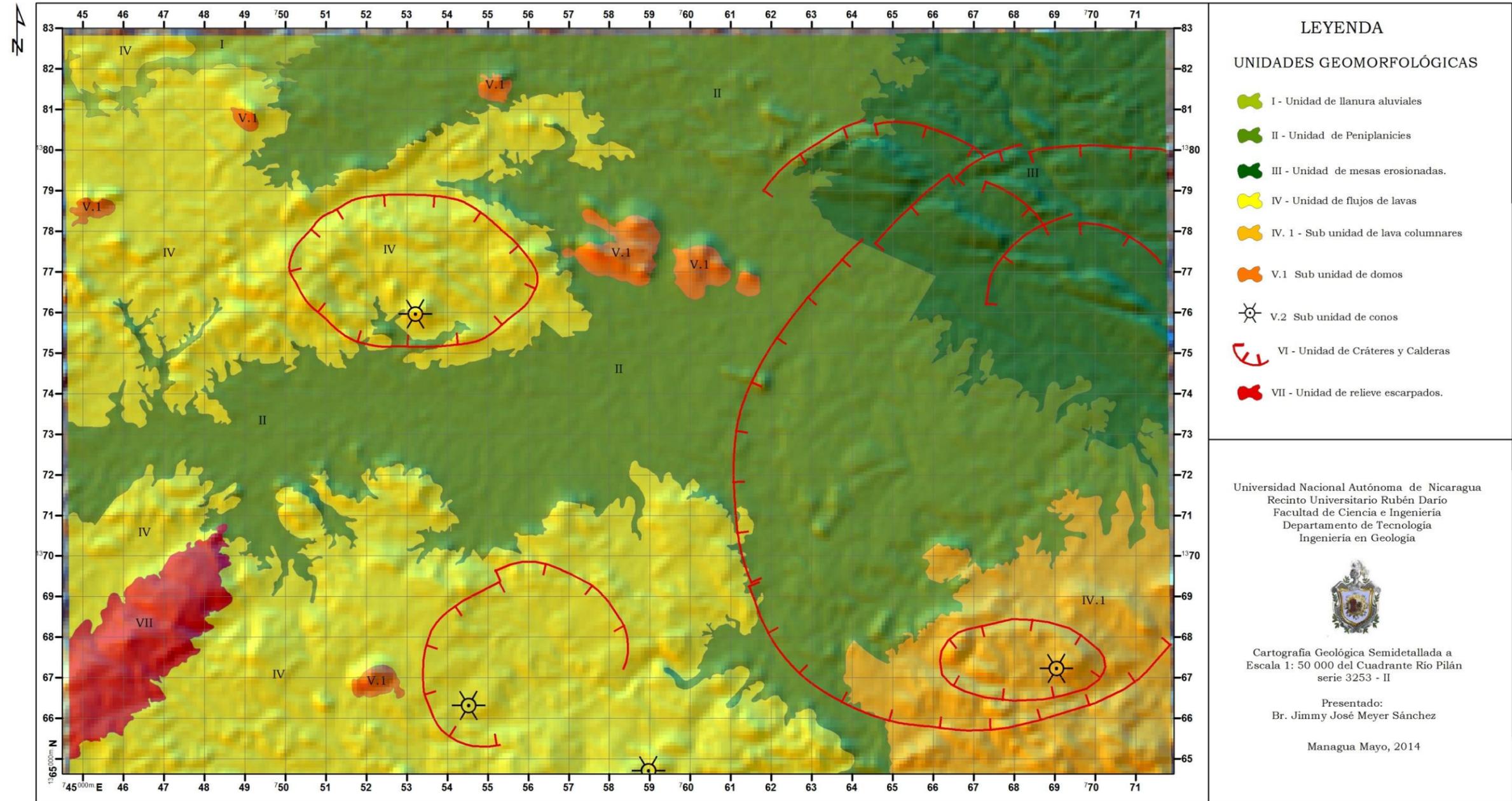
Distribuida pobremente en la parte SW del cuadrante formando especie de prisma alineado que corre con rumbo NE – SW (Lomas de Pilán - 318 msnm), de pendientes escarpadas, la morfología en esta unidad es producto del fallamiento regional del área, forma crestas puntiagudas uniformes y muy fracturadas, las rocas conformantes de esta unidad morfológica son las andesitas porfiríticas de la formación de origen volcánico Río Mico (Terma).

El patrón de drenaje es sub-paralelo a este tipo de morfología orientado a los pies de las Lomas de Pilán, controlado por el fallamiento de la zona. Las alturas varían entre los 200 – 320 msnm.



Foto 11. Obsérvese al fondo serranía escarpada orientada en dirección NE – SW (Lomas de Pilán – 318 msnm). Fotografía tomada en dirección SE en las coordenadas N 1374021 – E 744983.

MAPA GEOMORFOLÓGICO RÍO PILÁN Serie 3253 - II



CAPÍTULO VI

6. GEOLOGÍA LOCAL Y ESTRATIGRAFÍA

El área de estudio está constituida por secuencias de rocas volcánicas y sedimentarias del Periodo Terciario, del Grupo Pre-Matagalpa (Cretácico – Paleógeno), esta cobertura rocosa se extiende por toda el área y zonas aledañas a esta.

Las rocas aflorantes se observan en diferentes grados de meteorización y de igual manera fracturadas, siendo más resistentes a estos fenómenos las rocas de origen volcánico.

La evidencia en el campo y de interpretación de medios auxiliares (imágenes LandSat, imágenes de radar y las fotografías aéreas), dan una diferencia entre los diferentes grupos de rocas, la cual es notable pese a su mediano grado de meteorización.

En el grupo de Rocas del Pre-Matagalpa encontradas en la zona de estudio, se diferenciaron dos formaciones de origen volcánico, dos formaciones de origen sedimentario y dos unidades de depósitos cuaternarios, las cuales se definieron y correlacionaron por las evidencias de campo con las formaciones geológicas existentes en mapas geológicos aledaños, a estas formaciones y unidades del grupo Pre-Matagalpa se les asigna una edad relativa, basada en el estudio de datación radiométrico ejecutado por el SAREC, 1986.

A continuación se detallan las diferentes formaciones y unidades litológicas y posiciones estratigráficas, obtenidas del levantamiento cartográfico del cuadrante Río Pilán.

6.1 UNIDAD CUATERNARIO ALUVIAL (Qal)

Esta unidad holocénica se localiza en el NW del área de estudio, en la comarca Siquia, cubre un área de 3.82 km², con elevaciones que oscilan entre los 80 – 100 msnm, representa una de las zonas de media elevación y está constituida por

depósitos recientes, aluviales y coluviales, los que conforman terrazas de variables espesores a lo largo de la rivera del Río Siquia.

Las terrazas son mal calibradas, producto a la variabilidad en la velocidad del agua con la cual se depositaron los sedimentos y fragmentos de rocas, están conformadas por lo general por terrígenos de rocas básicas (basaltos – andesitas), gravas, arenas y limo, estos últimos en gran proporciones, los clastos conformantes de estos depósitos varían entre 1 – 40 cm de diámetro, dando así origen a estas terrazas y a los depósitos a orillas de meandros del río. Los depósitos varían entre los 10 cm – 10 m de espesor, siendo los de mayor volumen en los meandros del río Siquia, algunos de estos depósitos de origen aluvial forman pequeñas islas o islotes dentro del río.

Afloramientos típicos donde son observables estos depósitos son en las coordenadas N 1382485 – E 750421, N 1382361 – E 748819, N 1381971 – E 746979, N 1381244 – E 745296.



Foto 12A



Foto 12B

Foto 12A: Depósitos aluviales formando una pequeña isla al centro de río Siquia, en coordenadas N 1382476 – E 748450.

Foto 12B: Terraza mal calibrada de aluviones conformados por guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas, de formas angulosas, sub angulosas y redondeadas de variables diámetros.

6.2 UNIDAD CUATERNARIO RESIDUAL (Qr)

Esta unidad se encuentra localizada en la parte SE del cuadrante, al W de la comarca Musuwaka (afloramientos representativos), el cual cubre un área de 5.69 km², está formado por suelos de origen residual, producto del intemperismo, descomposición físico – mecánica y química de las roca y erosión debido a los agentes exógenos.

Estos suelos de origen residual poseen muchas veces textura limo-arcillosa, arcillosa y nodular, de coloraciones variables entre naranja – rojizo y rojizo y en ocasiones de coloración abigarradas (mezcla de colores), producto de las alteraciones hidrotermales en las rocas que los originaron; en los suelos de textura nodulares se encuentran fragmentos de rocas basálticas, producto de la descomposición física de la roca madre. Los espesores son variables entre los 2 – 15 m, estos depósitos forman peniplanicies y pequeñas colinas onduladas.

Estos depósitos están combinados con las rocas sedimentarias de la formación Río Escondido (Tcre).

Afloramientos característicos de esta unidad en las siguientes coordenadas: N 1369340 – E 763917, N 1366640 – E 764993, N1366843 – E 763923, N 1373612 – E 750095, N 1373062 – E 745283.



Foto 13. Suelos residuales formando terrenos peniplanizados con fragmentos de rocas básicas.



Foto 14A



Foto 14B

Foto 14A: Nótese la superposición del suelo residual producto de las rocas sedimentarias, de textura nodular, de coloración abigarrada.

Foto 14B: Suelo residual de coloración naranja, textura limo – arcillosa, espesor de 8 m.

6.3 FORMACIÓN MACHUCA (Tem)

Terciario Eoceno Machuca – ss, sh, CaCO₃, madera fósil

Simbología empleada en esta formación: ss - arenisca, sh – lutita, w – madera fósil.

6.3.1 Localización y Extensión

Se ubica en la parte S del cuadrante dentro de la Formación Río Mico (Terma), ubicada al N del Río Inquis, en la depresión de una caldera erosionada la cual sirvió de cuenca de sedimentación de esta unidad. Cubre una área de 7.13 km².

6.3.2 Litología

Esta formación está conformada por rocas de origen sedimentario (sedimentos clásticos), es una secuencia cíclica de areniscas de granos medios a fino, lutitas calcáreas y pequeños horizontes o vetillas de calcita.

Esta formación se ha depositado en un ambiente continental, debido a la erosión y posterior sedimentación de las rocas volcánicas de la formación Río Mico, las que fueron restringidas a depositarse en las zonas bajas de la caldera La Esperanza.

En las coordenadas N 1367788 – E 756505, se encuentra un afloramiento típico de esta formación, el cual está constituido por horizontes de areniscas y lutitas, de muy fina estratificación, presentando un rumbo de N 42 ° W y un buzamiento de 8 ° SW, el afloramiento esta fallado por una estructura de tipo inversa de rumbo N 45 ° E, el afloramiento se encuentra con un grado medio de meteorización.

Ambas rocas (lutitas y areniscas) presentan una coloración café oscuro; la areniscas es de grano medio, reacciona al HCl y la lutita, es de muy fino grano, friable, deleznable la cual presenta un grado alto de meteorización.

Otro afloramiento de esta formación Machuca se encuentra en N 1368313 – E 757396, el cual está constituido por una arenisca de coloración verdosa – celeste, de textura clástica, los terrígenos constituyentes son de rocas básicas, de formas sub – angulosas, sub – redondeadas y redondeadas de granulometría media que varían desde los 50 mm – 0.5 cm, se observan a simple vista cristales de calcita y cuarzo cristalino, la roca reacciona al HCl, sobre este afloramiento se presenta un suelo de color rojizo de textura arcillosa de 0.5 m de espesor. Foto 15B.

Estos afloramientos de la formación Macucha (Tem) se encuentran en la parte baja de una depresión tectónica denominada Caldera La Esperanza y se encuentran formando pequeños cerros de formas dómicas agrupados. Foto 15A.

Dentro de los límites de esta formación de origen sedimentario, se encuentran restos de materia orgánica (madera fósil), al fracturarse o dividirse, muestra la estructura concéntrica de un árbol, el cual sufrió el proceso de la silicificación ubicado en las coordenadas N 1367986 – E 756841. Foto 15C.



Foto 15A



Foto 15B



Foto 15C

Foto 15A: Cerros de morfología dómica conformados por rocas sedimentarias de la formación Machuca (Tem), altamente meteorizada.

Foto 15B: Arenisca de coloración verdosa – celeste, estratificada, de granulometría media.

Foto 15C: Presencia de Madera fósil en la formación Tem, probables restos de una palmera, tipo de fosilización - silicificación.

6.3.3 Contacto, Espesor y Edad

Esta formación sobreyace con discordancia angular con la formación Río Mico (Terma) y concordantemente con los depósitos cuaternarios recientes (Qr); a esta formación se le calculó un espesor relativo de 40 m, este grupo de rocas sedimentarias datan del Eoceno (SAREC, 1986).

6.4 FORMACIÓN RÍO MICO (Terma)

Terciario Eoceno Río Mico – ba, ba – and, and, anpo, rx sil, qz.

Simbología empleada en esta formación: ba – basalto, ba-and – basalto andesita, and – andesita, anpo – andesita porfirítica, rx sil – roca silicificada, qz – cuarzo.

6.4.1 Localización y Extensión

Esta formación se ubica en la mayor parte del cuadrángulo de estudio tiene presencia en las porciones SE, Centro – SW, NW; interrumpida por los depósitos cuaternarios y las rocas sedimentarias del Tcre, abarca un área de 241.7 km² siendo esta formación geológica la de mayor extensión en la zona de estudio.

6.4.2 Litología

Esta formación es de origen volcánico, entre las cuales destacan flujos de lavas básicas e intermedias, relicto de estructuras de calderas, antiguos conos volcánicos, y diques; estos materiales rocosos están constituidos por lo general de rocas ígneas extrusivas (basalto, basalto – andesita, andesitas fluidal y porfiríticas) y algunos cuerpos hipabisales como diques basálticos y entre ellas se encuentran algunos cerros de tobas esporádicas, roca silicificada y vetas mineralizadas.

En la porción NW del mapa geológico de Río Pilán en coordenadas N 1377089 – E 751957 aflora un basalto – andesita, de coloración gris clara, de textura afanítica, donde se observan pequeños cristales de piroxenos, escasos olivinos y cristales de plagioclasas, en una matriz silícea, esta roca se encuentra dispuesta en forma de flujo con dirección NE, ubicada en la parte baja de la Caldera El Virgo, este afloramiento se encuentra con grado medio de facturación. Foto 16.

Afloramientos característicos de este tipo de roca se encuentran en coordenadas N 1380377 – E 756220, N 1377710 – E 752950, N 1378169 – E 751613, N 1377016 – E 757171, N 1375688 – E 756086, N 1374940 – E 752820, N 1375433 – E 751819, N 1374457 – E 746933, N 1370776 – E 747963.



Foto 16. Afloramiento de Basalto – Andesita característico de las rocas volcánicas de la formación Río Mico (Terma) en coordenadas N 1377089 – E 751957

En coordenadas N 1374123 – E 745423 aflora una andesita zeolítica, de textura amigdular, de coloración café oscuro – blanquecino, en esta roca se encuentran vesículas producto a la liberación de gases al momento de la consolidación de la roca y amígdulas rellenas por zeolitas de origen secundario (post – formación), esta roca se encuentra aflorando en grandes bolones de hasta 2 m de diámetro, resistente a la erosión, en la base de este afloramiento en la roca se encuentran vetillas de cuarzo de 1 – 2 cm de espesor de rumbo E – W. foto 17A, B y C.

Lugares típicos donde aflora este tipo de andesita zeolítica se encuentra en las coordenadas N 1374125 – E 745681, N 1374021 – E 744983, N 1373062 – E 745283, N 1376182 – E 745851.



Foto 17A



Foto 17B



Foto 17C

Foto 17A: Andesita zeolítica de coloración café oscuro, nótese las amígdulas rellenas de este mineral secundario y algunas vesículas en la roca.

Foto 17B: vetilleo de cuarzo en el subsuelo de 1cm de espesor con rumbo E -W.

Foto 17C: Zeolitas incrustadas en rocas andesíticas.

Aflora en las coordenadas N 1377089 – E 751957, un flujo andesítico, el cual rumba en dirección NE – SW, la roca aflorante es una andesita de color gris verdosa, de textura amigdular, con una matriz silícea, donde se observan pequeñas plagioclasas, las amígdulas en esta roca están rellenas por un mineral secundario, el cual corresponde a calcita, cuarzo y clorita, el cual se presenta en ocasiones de forma cristalina, constituyendo el 50% de la roca y un porcentaje menor de cuarzo. Foto 18

Afloramientos de esta roca se encuentran en coordenadas N 1380090 – E 755880, N 1380377 – E 756220, N 1375057 – E 750274, N 1374962 – E 749631.



Foto 18. Flujo andesítico con pequeñas cavidades rellenas de cuarzo y calcita (amígdulas), como mineral secundario en la roca, en coordenadas N 1377089 – E 751957.

En las coordenadas N 1377514 – E 756916 aflora un basalto, de color gris claro, de textura afanítica, presenta una matriz silícea, esta roca es resistente a la meteorización, en algunos casos se encuentra formando domos y en otros flujos con orientaciones. Foto 19 A y B

En coordenadas N 1365287 – E 756209 y N 1371334 – E 748933, afloran rocas basálticas, que poseen una exfoliación bolar, producto de los agentes exógenos, que han actuado en la roca. Foto 19C

Esta roca basáltica que constituye la mayoría de las rocas en la formación Río Mico, aflora en las coordenadas representativas de este cuadrante de estudio: N 1365287 – E 756209, N 1365148 – E 758761, N 1368652 – E 759291, N 1367759 – E 751053, N 1367406 – E 751940, N 1371334 – E 748933, N 1381310 – E 755660.



Foto 19A



Foto 19B



Foto 19C

Foto 19A: Roca basáltica de color gris claro, de textura afanítica, foto tomada en coordenadas N 1377514 – E 756916.

Foto 19B: Afloramiento característico de las rocas ígneas extrusivas de la formación Río Mico.

Foto 19C: Exfoliación bolar de las rocas basálticas, producto de la meteorización.

Esta formación, está constituida también por andesitas porfíricas, donde se observa el sobre-crecimiento de las plagioclasas, esta roca es de coloración gris – verdosa y meteorizada es gris oscuro, por lo general aflora en la porción SE y SW del mapa, forma valles en forma de “V” y se dispone en una forma columnar o de prismas hexagonales. Este tipo de andesitas aflora en N 1368104 – E 770806 (Cerro El Corozo), N 1367684 – E 771046, N 1365372 – E 771801, N 1364931 – E 769281, N 1369478 – E 747604, N 1368550 – E 747658 (Lomas de Pilán). Foto 20



Foto 20A



Foto 20B



Foto 20C

Foto 20A: Andesitas columnares de la formación Río Mico (Terma).

Foto 20B: Nótese morfología originada por las andesitas porfíricas en Cerro El Corozo en N 1368104 – E 770806.

Foto 20C: Andesita porfírica de coloración gris verdosa con sobre-crecimiento de las plagioclasas.

6.4.3 Contacto, Espesor y Edad

La formación Río Mico (Terma), descansa discordantemente sobre las tobas de la formación Río Rama (Terr) e igual infrayace discordantemente con las rocas sedimentarias de la formación Machuca (Tem), en este estudio se le calculó un espesor relativo de 150 m, a esta formación de origen volcánico, se le ubica en el Paleógeno (Eoceno) (SAREC, 1986).

6.5 UNIDAD RÍO RAMA (Terr)

Terciario Eoceno Río Rama – tu, tul, tu ag, ag

Simbología empleada en esta formación: tu – toba, tul - toba lítica, tu ag - tobas aglomeráticas, ag – aglomerado.

6.5.1 Localización y Extensión

Esta unidad del Grupo Pre-Matagalpa, se localiza al NE del mapa geológico Río Pilán, limitada al W por el paso del Río Siquia y la unión de Río Pilán y Río La Tigra, posee una extensión de 62.34 km².

6.5.2 Litología

Litológicamente esta unidad está conformada por diferentes tipos tobas de variables colores, morfológicamente dan origen a terrenos tabulares (mesas), escalonadas y buzantes, la mayoría hacia el SW, su topografía es relativamente media y poco pronunciada.

A riveras del Río Siquia se encuentran unas mesas conformadas por tobas líticas, las cuales rumban en dirección NW - SE y presentan un buzamiento regional hacia el SW.

En las coordenadas N 1377610 – E 766156, aflora una toba lítica de coloración naranja, en una matriz de ceniza consolidada, se observan clastos de rocas básicas, de variables tamaños desde los 0.4 cm – 3 cm de diámetro, y de formas angulosas, sub-angulosas, redondeadas y sub-redondeadas, este tipo de rocas se expone en grandes bloques redondeados, los que dan origen a mesas buzantes.

Afloramientos característicos de este tipo de roca son N 1378958 – E 766144, N 1379627 – E 758825, N 1381760 – E 756000, N 1379928 – E 762024, N 1380757 – E 761690, N 1381450 – E 761373.



Foto 21A



Foto 21B

Foto 21A: Exposición de las tobas líticas, dispuestas en forma de bloques ovalados, conformando mesetas hacia el SW.

Foto 21B: Toba lítica de coloración naranja, compuesta por ceniza (matriz) y clastos de rocas básicas de diferentes dimensiones y formas.

En las coordenadas N 1380203 – E 765456 aflora una toba lítica, de coloración verdosa, en la cual los clastos y la porción fina (ceniza), están cloritizados, la roca se presenta en bloques ovalados formando pequeñas mesetas poco desarrolladas, esta roca se presenta también en las siguientes coordenadas: N 1378333 – E 765355, N 1380930 – E 757290, N 1381760 – E 756000, N 1379126 – E 769635, N 1379820 – 764645, N 1383082 – E 767445, N 1382543 – E 767678, N 1381384 – E 767957, N 1380936 – E 769435, N 1380230 – E 770121, N 1378512 – E 771001. Foto 22 A y B.



Foto 22A



Foto 22B



Foto 23A



Foto 23B

Foto 22A: Toba lítica cloritizada, nótese los clastos de rocas volcánicas de formas sub - angulosa, redondeadas y sub - redondeadas.

Foto 22B: Mesas poco desarrolladas, conformadas por tobas líticas.

Foto 23A: Tobas aglomerádicas, conformados por líticos de rocas básicas (ba - and) de formas angulosas y sub - angulosas, estos fragmentos de rocas varían desde los 0.3 - 2 cm de diámetro.

Foto 23B: Disposición de las tobas, las que debido a la meteorización adquieren una forma de bloques ovalados y sub - redondeados.

Dentro de esta unidad del Grupo Pre-Matagalpa se encuentra una toba aglomerádica, de variable coloración, resistente a la meteorización, se observan líticos de rocas basálticas y pómez (algunas veces cloritizadas) y pequeñas escorias, este tipo de toba origina cerros de morfología piramidal esta roca aflora en las coordenadas N 1377581 – E 762320, N 1378639 – E 762267, N 1379928 – E 761690, N 1380757 – E 761690, N 1381450 – E 761373, 1380588 – E 771312, N 1381007 – E 768153, 1380739 – E 770249, N 1380671 – E 771312.

Foto 23 A y B

6.5.3 Contacto, Espesor y Edad

La unidad Río Rama (Terr) infrayace discordantemente con la Formación Río Mico (Terma) y subyace concordantemente con las rocas sedimentarias de la Formación Río Escondido.

En esta unidad Río Rama se verificó en la parte Centro – N, una interdigitación de las tobas con las rocas sedimentarias de la Formación Río Escondido, encontrándose horizontes de rocas sedimentarias intercaladas con tobas de una manera cíclica.

A esta unidad se le calculó un espesor relativo de 60 m y se le asigna una edad de Pre-Eoceno (SAREC, 1986).



Foto 24. Contacto concordante entre las tobas de la unidad Río Rama y las rocas sedimentarias de la Formación Río Escondido en coord. N 1381038 – E 759266.

6.6 FORMACIÓN RÍO ESCONDIDO (Tcre)

Terciario Eoceno Río Escondido – ss, sh, cg, si, rx sil

Simbología empleada en esta formación: ss – arenisca, sh – lutita, cg – conglomerado, si – silicita, rx sil – roca silicificada.

6.6.1 Localización y Extensión

Esta formación se encuentra ampliamente dispersa en el área de estudio se extiende en la parte central en dirección E – W y en las porciones N y NNW, cubre un área de 178.47 km²; esta formación se extiende a mapas aledaños como lo son El Ayote serie 3253 – III y Wapí serie 3353 – III.

6.6.2 Litología

La formación Río Escondido está conformada por rocas de origen sedimentario, constituidas por sedimentos clásticos – químicos; a este grupo de roca se considera como el basamento del Grupo Pre-Matagalpa.

Estas rocas sedimentarias constituidas por lutitas y areniscas calcáreas, de variables granulometrías y conglomerados, originan pequeños cerros de formas dómicas, los cuales se encuentran aislados y en terrenos peniplanizados, esta formación se encuentra interdigitada con la unidad Río Rama (Terr) donde

originan pequeñas mesas de suaves pendientes, ya erosionadas y muchas veces ininterrumpida por los depósitos cuaternarios.

Cabe destacar que esta formación contiene evidencias paleontológicas (fósiles - gasterópodos) con las que se correlaciona con el Miembro Kamanon – posible basamento de la cuenca Mosquitia – de la Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica.

En las coordenadas N 1379080 – E 754250, aflora una arenisca de coloración verdosa, de textura clástica, de granulometría media a fina, constituida por terrígenos de rocas básicas, fragmentos de cuarzo, redondeados y sub-redondeados y se es observable cristales de calcita, estas rocas presentan un rumbo N 10° W y un buzamiento de 20° SW. Foto 25.

Este tipo de arenisca verdosa, aflora también en las coordenadas: N 1378460 – E 754080, N 1378450 – E 753920, N 1378463 – E 757108, N 1377830 – E 756720, N 1377748 – E 756650, en estos afloramientos presentan un rumbo y buzamiento regional, presentan un rumbo entre N 10° - 75° W y un buzamientos menor a los 30° SW.

En las coordenadas N 1380835 – E 759089, se encuentra una lutita de coloración blanquecina, de granulometría fina, friable y deleznable, en estos afloramientos se encuentran intercalaciones de pequeños horizontes de areniscas calcáreas y vetillas de calcita, menores a 1 cm de espesor. Foto 26

Otro afloramiento típico de esta lutita, se encuentra en N 1379480 – E 757840, aquí la roca presenta las siguientes actitudes: Rb N 20° E y Bz 20° SE, de igual manera la roca es friable y deleznable.



Foto 25. Arenisca calcárea de coloración verdosa, típica de la formación Río Escondido en coordenadas N 1379080 – E 754250



Foto 26. Lutita de grano muy fino, friable y deleznable, en este afloramiento se encuentran pequeños horizontes de areniscas y vetillas de calcita.

En la comarca El Jobito, en las coordenadas N 1379270 – E 757700, se presenta un afloramiento compuesto por lutita y arenisca, en las que la arenisca suprayace a la lutita, la arenisca es de coloración amarillento ocre, la que presenta una gradación inversa, los clastos componentes de estas roca son basálticos y se observan cristales de calcita y cuarzo en menor proporción, esta arenisca presenta un espesor de 0.95 m; la lutita es de coloración blanquecina y muy compactada, su porosidad casi es nula, con un espesor de 0.40 m; todo el afloramiento rumba N 40° E y buza 20° SE. Foto 27 B.

Este tipo de afloramientos se encuentra también en las coordenadas N 1379534 – E 758169, N 1379627 – E 758825.



Foto 27A



Foto 27B

Foto 27A: Nótese contacto litológico entre la arenisca y la lutita, la arenisca presenta una gradación inversa.

Foto 27B: Afloramiento de las rocas sedimentarias de la Formación Río Escondido, el cual rumba N 40° E y buza 20° SE.

En el levantamiento cartográfico de esta formación geológica, en las comarcas El Jobito y Pilán, se encontraron silicitas (sílice que aglutinan restos de materia orgánica - fósiles), esta roca se presenta en pequeños cerros de suaves pendientes, con alturas no muy notables en las fotografías aéreas, la evidencia paleontológica tiene un tipo de fosilización de silicificación y se encuentran bien conservados, se tratan de pequeños gasterópodos con dimensiones variables desde los 0.5 cm – 2.5 cm de largo y desde los 0.2 cm – 0.8 cm de ancho. Estas silicitas afloran en las coordenadas N 1382740 – E 758900, N 1382650 – E 758400, N 1375976 – E 764997, N 1372168 – E 764982. Foto 28 A y B.



Foto 28A



Foto 28B

Foto 28A: Nótese micro- gasterópodos en una silicita con dimensiones 0.5cm de largo y 0.2 cm de ancho en la Comarca El Jobito, este afloramiento se encuentra un poco meteorizado.

Foto 28B: gasterópodos de 2.5 cm de largo y 0.8 cm de ancho en silicita, ubicada en comarca Pilán en coordenadas N 1375976 – E 764997

6.6.3 Contacto, Espesor y Edad

La Formación Río Escondido (Tcre) infrayace concordantemente con la Formación Río Rama (Terr), esta formación constituye el basamento del Grupo Pre - Matagalpa.

A esta unidad se le calculo un espesor relativo de 50 m, los que se observaron en campo y se le asigna una edad de Pre-Eoceno - Cretácico (SAREC, 1986)

6.7 CUERPOS INTRUSIVOS (Tii – Tib)

Los cuerpos rocosos, que se encuentran en esta cartografía, son de origen intermedios a básicos (Terciario intrusivo intermedios – Terciario intrusivo básicos), estos cuerpos intruyen por lo general a las rocas volcánicas de la Formación Río Mico (Terma), estos intrusivos son los responsables de las alteraciones de las rocas encajantes de la zona, entre los que destacan:

Cerro Grande:

Ubicado en las coordenadas N 1367000 – E 752000, se presenta en forma de domo, de pendientes abruptas a moderadas, corresponde a una Dacita de composición intermedia, de coloración grisácea, de textura fanerítica, en la que se observan cristales de plagioclasas, biotita, piroxenos – augita y algunos cristales de cuarzo cristalino, presentes en una matriz silícea. Esta roca se encuentra intruyendo a la formación Río Mico y cercana a ella se encuentra algunas estructuras de veta.

Cerro El Corozo:

Se ubica en las coordenadas N 1367200 – E 769360, al SE del mapa geológico, se trata de una andesita, de coloración gris clara, de textura porfirítica, donde se es fácilmente diferenciable el sobre-crecimiento o fenocristales de plagioclasas, piroxenos y cuarzo, este cuerpo se presenta en forma piramidal e intruye a las rocas volcánicas de la formación Río Mico, este macizo rocoso se encuentra alineado con dirección preferencial NE – SW otros cuerpos rocosos de esta misma composición y con Cerro Pilán, de composición Diorítica, ubicado en la hoja topográfica Wapí serie 3353 – III.

6.8 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA

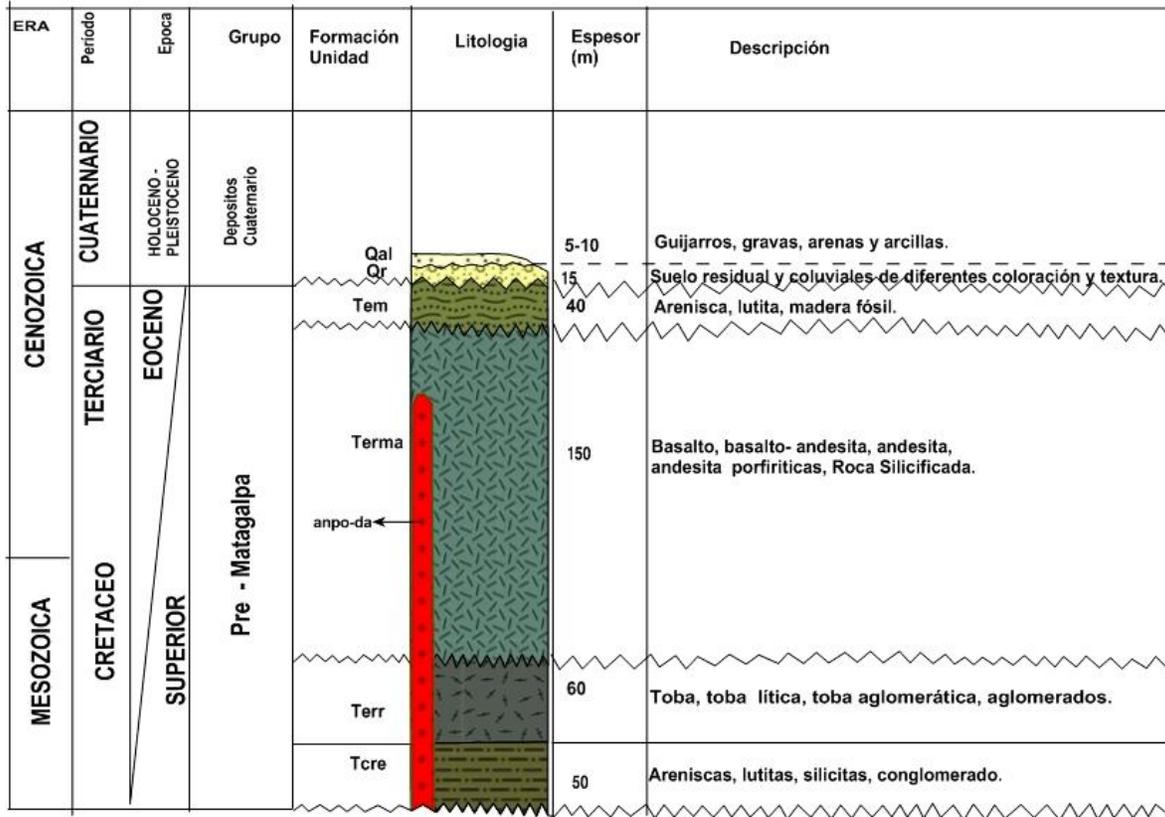
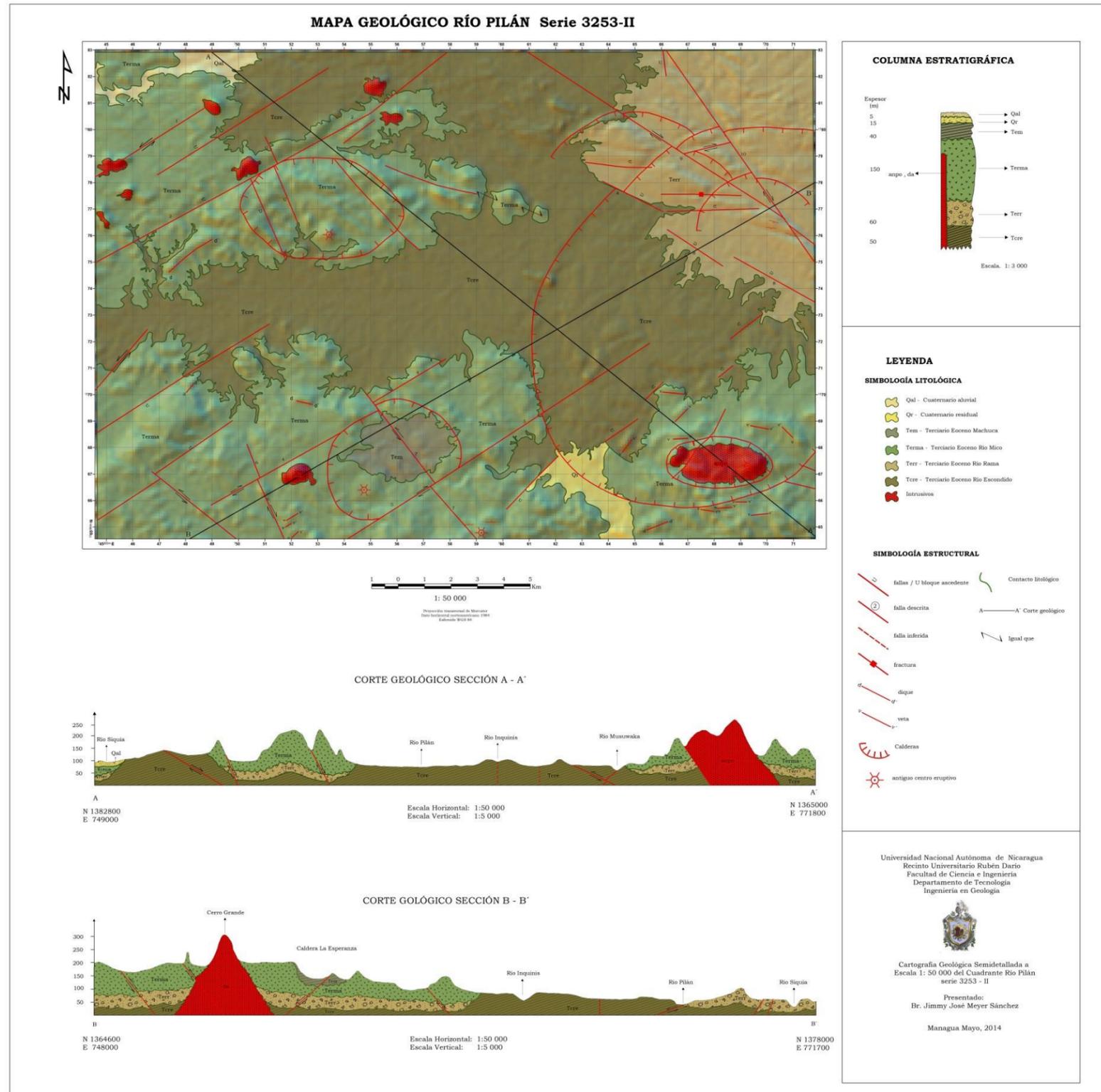


Fig. 4 Columna Estratigráfica generalizada del mapa geológico Río Pilán serie 3253 – II.



CAPÍTULO VII

7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según la Hunting (1972), se consideran dos sistemas o patrones de estructuras lineales a nivel regional, uno, el sistema de fallas NE – SW, el cual coincide con el rumbo de la cordillera Isabelia y otro sistema en dirección NW – SE, paralelo a la cordillera Amerrisque y la zona de Fracturas Matiguas, Fig. 5; en la zona de estudio se comprobaron estructuras lineales de ambas direcciones: NE – SW y NW – SE y otros sistemas de fallas y fracturas, como lo son estructuras de rumbo N – S y E – W.

El área de estudio ha sido afectada por una intensa actividad tectónica, reflejada en las diferentes formaciones geológicas, las que se encuentran disectada y modificadas por los diferentes sistemas de fallas y fracturas de diferentes características.

De estos sistemas de fallas destacan las de rumbo NE – SW, siendo estas las más predominantes en la zona, las cuales desplazan a otras estructuras de fallas, calderas, y contactos geológicos, siendo estas más jóvenes que las estructuras desplazadas.

De igual manera, se comprobó la existencia de relictos de estructuras circulares o calderas, producto de la subsidencia de antiguas cámaras magmáticas y la verificación de cuerpos sub-volcánicos, como lo son estructuras de diques y lineamientos de cuerpos intrusivos e hipabisales, estos rasgos del ámbito estructural han sido verificados mediante fotografías aéreas, imágenes LandSat, de satélites y de radar y las campañas de campo ejecutadas en este estudio.

Los sistemas de fallas son descritos en este capítulo en orden predominante en la zona.

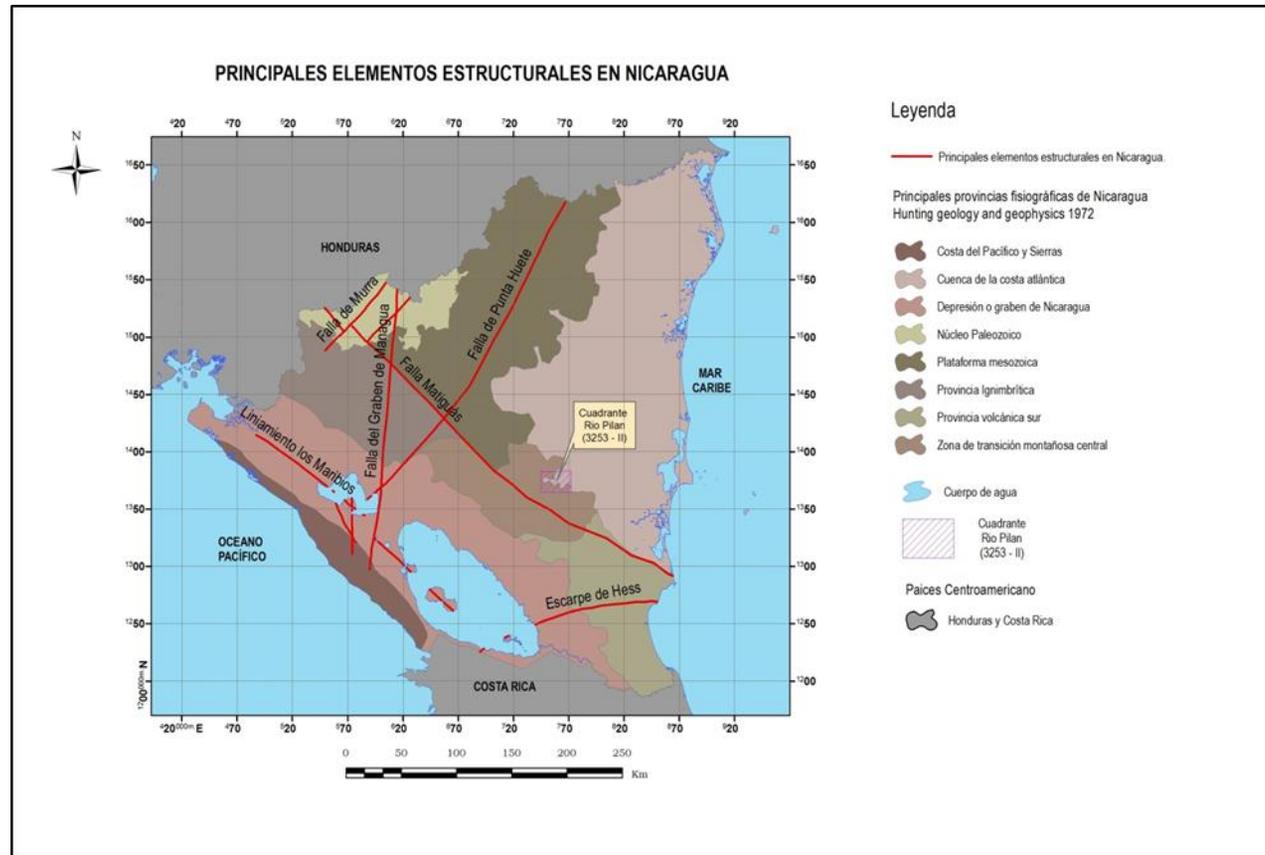


Fig. 5 Principales elementos estructurales de Nicaragua, por la Hunting 1972.

7.1 SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO NE – SW

Este sistema de fallas y fracturas son las más representativas y de mayor extensión y densidad en el área de estudio, son paralelas al rumbo de la cordillera Isabelia, coincidiendo con el patrón regional; estas estructuras son más jóvenes que las estructuras de rumbo NW – SW; entre estas estructuras de rumbo NE – SW, se encuentran fallas del tipo normal predominantemente y en menor cantidad del tipo inversa, originadas por fuerzas extensionales y gravitatorias.

Se identifican 16 fallas, con este tipo rumbo, de las cuales cinco son consideradas como estructuras mayores, de carácter regional, de grande extensiones, las que deformaron y atravesaron todas las unidades litológicas del área de estudio y el resto son fallas locales, incluyendo fracturas. A continuación se describen el comportamiento estructural de este sistema:

7.1.1 Falla 1 – Peña Blanca

Tiene una extensión aproximada de 5 km, es una falla tipo transtensional de rumbo N 53° E y un buzamiento de 15° NW, denota dos tipos de movimientos, uno horizontal y otro vertical, siendo el más representativo de esta estructura el desplazamiento horizontal, tipo dextral, sobre la cual se emplazaron y alinearon algunos cuerpos intrusivos (Cerro Peña Blanca - 261 msnm y Cerro El Alcalde – 295 msnm); esta falla atraviesa la Formación Río Mico (Terma) y desplaza el intrusivo Cerro Peña Blanca; esta estructura se verifico en las coordenadas N 1379008 – E 745687. Foto 29

Esta falla inicia en las coordenadas N 1378000 – E 744700 y culmina en Cerro El Alcalde en coordenadas N 1381000 – E 748450.



Foto 29. Falla Peña Blanca de rumbo N 53° E con un bz 15° NW, nótese el desplazamiento dextral en el Cerro Peña Blanca, comprobada en coordenadas N 1379008 – E 745687.

7.1.2 Falla 2 – La Tigra

Esta estructura rumba N 62° E y buza 20° SE, presenta una extensión de 14 km, es tipo normal, esta estructura es de carácter regional proviene desde el Cuadrante El Ayote serie 3253 – III y se extiende al cuadrante Río Nawawas serie 3253 – I; sobre esta falla se emplazan los intrusivos de Cerro La Tigra (90 msnm) y Loma La Tigra (243 msnm) atraviesa la Formación Río Mico y la Formación Sedimentaria Río Escondido, sobre la cual se proyecta inferida.

Esta estructura inicia en el área del Cuadrante Río Pilán en las coordenadas N 1374300 – E 744700 y culmina en N 1382900 – E 757950. La falla La Tigra se verificó en las coordenadas N 1381059 – E 755500, y se describe el movimiento de la estructura debido a indicadores cinemático tales como sigmoides y algunas fracturas y estrías sobre el plano de falla.

7.1.3 Falla 3 – Río Pilán

Esta falla atraviesa la Formación Río Mico (Terma), es de tipo Normal, tiene un rumbo N 58° E y un buzamiento de 32° NW, esta estructura es identificada mediante el cambio brusco en la topografía del lugar y algunos indicadores como fracturas sobre el plano de falla; esta estructura inicia en las coordenadas N 1368500 – E 744700 y culmina en N 1372800 – E 751200, posee una extensión de 7.5 km, la cual sigue el curso del Río Pilán.

7.1.4 Falla 4 – Cerro Grande

Esta falla tiene un rumbo de N 54° E, es de tipo transtensional, denotando más el desplazamiento horizontal, del tipo dextral, desplazando una falla de rumbo NW – SE en coordenadas N 1366800 – E 750800; sobre esta falla se emplaza el cuerpo Hipabisal de Cerro Grande, atraviesa la formación Río Mico, donde conforma las paredes de la caldera La Esperanza; tiene una extensión aproximadamente de 8 km, inicia en las coordenadas N 1365900 – E 749000 y culmina en las coordenadas N 1371400 - E 757900.

Esta falla se encuentra desplazada por estructuras de rumbo NW – SE, en la formación Machuca en las coordenadas N 1369300 – E 755200, siendo más antigua que la estructura de rumbo NW – SE en este punto.

7.1.5 Falla 5 – Río Inquinis

Esta estructura es del tipo transtensional, denotando dos tipos de movimientos, vertical y horizontal, predominando el desplazamiento horizontal, de tipo dextral, presenta un rumbo N 57° E, esta estructura inicia en las coordenadas N 1364700 – E 754300 y finaliza en N 1372000 – E 765500, la cual atraviesa la formación Río Mico, donde conforma como falla marginal una de las paredes de la estructura circular La Esperanza, en la porción SE de esta, y en la formación Río Escondido desplaza la caldera Musuwaka.

Existen otras fallas y sistemas de fracturas de este tipo de rumbo NE – SW, con comportamientos estructurales similares, las que son de menores distancias, predominantemente normales. Como es el caso de la Falla El Jobito en las coordenadas N 1380720 – E 758441, la cual es una falla tipo normal de rumbo N 50 ° E, desplaza 0.80 m unos horizontes de roca sedimentarias de la Formación Río Escondido (Tcre). Foto 30.



Foto 30. Falla El Jobito de tipo Normal con rumbo N 50° E, nótese el desplazamiento de 0.80 m en rocas sedimentarias de la Formación Río Escondido en coordenadas N 1380720 – E 758441

7.2 SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO NW – SE

Este sistema de fallas y fracturas son de menor densidad y recorrido en el área de estudio, rumban paralelo a la cordillera Amerrisque y la zona de fracturas Matiguás; estas estructuras se encuentran desplazadas por las fallas de rumbo NE – SW, denotando que son más antiguas que las estructuras de rumbo NE – SW; son estructuras producto a fuerzas extensionales.

Se identificaron nueve fallas mediante las imágenes satelital y fotografías aéreas con este tipo de rumbo, entre las cuales destacan:

7.2.1 Falla 6 – El Chipote

Esta estructura rumba N 21° W, es una falla transtensional, denotando el desplazamiento horizontal, de tipo dextral, la cual desplaza a Cerro El Chipote en las coordenadas N 1366200 – E 751000; esta falla es desplazada por una estructura de rumbo NE – SW en las coordenadas N 1366800 – E 750800, siendo esta más antigua que la falla de rumbo NE – SW.

Inicia en las coordenadas N 1364600 – E 751800 y culmina en N 1368000 – E 750300, tiene una extensión de 4 km y atraviesa la formación Río Mico.

7.2.2 Falla 7 – La Esperanza

Esta falla tiene un rumbo N 40° W, es una falla de desplazamiento horizontal, tipo sinistral, desplaza horizontes rocosos de la formación Machuca y la estructura de caldera La Esperanza, posee una extensión de 7 km.

Esta estructura se encuentra desplazada por una falla de rumbo NE – SW, en las coordenadas N 1366600 – E 757300, por lo tanto se considera que esta estructura es más antigua que la estructura de rumbo NE – SW.

7.2.3 Falla 8 – Bocana de Río Pilán

Esta falla es de tipo Normal, se ubica entre las coordenadas N 1373500 – E 771500 y N 1378000 – E 763900, rumba N 54° W y buza 33° SW, posee una extensión de 8.5 km, la falla Bocana de Río Pilán, sirve muchas veces de contacto litológico entre la formación Río Escondido (Tcre) y la Unidad Río Rama (Terr), donde desplaza a la caldera Musuwaka. Esta falla se encuentra desplazada por estructuras de rumbo NE – SW y segmentada en un arreglo echelon, formando así zonas de relevo.

7.2.4 Falla 9 – Mirasol

Esta estructura tiene un rumbo N 60° W, es una falla de desplazamiento horizontal, siendo su movimiento tipo dextral, posee una extensión de 13 km, atraviesa la unidad Río Rama y la formación Río Escondido, esta estructura no es desplazada por otras estructuras, pero posee la singular característica de desplazar a unas estructuras semicirculares de la unidad Río Rama y a la caldera Musuwaka; esta falla inicia en las coordenadas N 1375700 – E 771500 y culmina en las coordenadas N 1383000 – E 760900, es considerada como una estructura de carácter regional, la cual se extiende a los cuadrantes Wapí serie 3353 – III y Río Nawawas serie 3253 – I.

7.2.5 Falla 10 – Río Siquia

Rumba N 37° W y buza 15° NE, es de tipo normal, posee una extensión de 9.5 km, fácilmente identificable en las imágenes de radar y satelital, atraviesa la unidad Río Rama, en las coordenadas N 1376500 – E 770600 intercepta a otra falla de igual dirección y la desplaza, siendo esta aún más joven que la estructura desplazada; la falla Río Siquia inicia en las coordenadas N 1381900 - E 767360 y finaliza en N 1378050 – E 769750.

Se encuentran fallas y fracturas pertenecientes a este sistema, de menor envergadura en todo el cuadrante, entre las que denota la falla La Esperancita, la cual es de tipo inversa, atraviesa la formación Machuca, esta estructura presenta un rumbo N 42° W y un buzamiento de 8° SW, posee una extensión de 3.5 km, inicia en las coordenadas N 1379500 – E 754500 y finaliza en N 1367000 – E 757000.



Foto 31. Falla La Esperancita de rumbo N 42 ° W la cual buza 8 ° SW, de tipo normal desplaza horizontes de la Formación Machuca (Tem) ubicada en las coordenadas N 1367788 – E 756505.

7.3 OTROS SISTEMAS DE FALLAS

A menor escala se encuentran fallas de rumbo N – S y fallas de rumbo E – W, son estructuras de tipo local ninguna de estas destaca como regional, son de cortas distancias, de igual forma se encuentran sistema de fracturas; las fallas en su mayoría son tipo normal y vertical.

7.3.1 SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO N – S

Estas fallas son de tipo local, se encuentra pobremente distribuida en el área, son de cortas extensiones y muchas veces verticales; en este sistema denotan algunas fracturas, las cuales no presentan ningún desplazamiento en los horizontes rocosos que atraviesan.

Una de estas estructuras, es la falla Los Abandonos ubicada al E de la comarca de Cerro Grande, inicia en las coordenadas N1364600 – E 757400 y finaliza en las coordenadas N 1366500 – E 757500, es una falla de tipo vertical, con una extensión de 2 km, atraviesa las rocas basálticas de la Formación Río Mico (Terma).

7.3.2 SISTEMA DE FALLAS DE RUMBO E – W

Las estructuras pertenecientes a este sistema son orientadas con un rumbo E – W, se encuentran pobremente distribuidas y localizadas por lo general en la unidad Río Rama, en ocasiones controlan el tipo de drenaje de la zona.

Denota la falla El Panteón, ubicada en la Comarca Mirasol, posee un rumbo E – W, es del tipo normal, con una extensión de 3.7 km, inicia en las coordenadas N 1377000 – E 766000 y culmina en N 1377000 – E 769800, siendo ésta una estructura lineal, casi perfecta y característica de este tipo de sistema de fallas.

Paralela a esta, a unos 600 m de distancia, se encuentra la fractura Poza Redonda, fácilmente identificable en las imágenes de satélite y las fotografías aéreas, pero no se observa ningún desplazamiento, tiene una longitud de 2.9 km, ubicada en las coordenadas N 1377700 – E 766000 y culmina en las coordenadas N 1377750 – E 768900.

7.4 INTERPRETACIÓN DE CORTES GEOLÓGICOS

Los cortes o perfiles geológicos, son secciones transversales a los diferentes tipos de litologías y estructuras en un mapa, orientadas sobre una línea determinada, se escogieron dos líneas de perfiles: A – A', orientado en dirección NW – SE y B – B', orientado en dirección SW - NE, los que interceptan las diferentes formaciones y unidades litológicas del área, revelando el posicionamiento estratigráfico de los diferentes grupos de rocas, de igual manera detallan y corroboran las características estructurales de fallas y fracturas interceptadas por estas líneas de perfiles.

Sección A – A'

Este corte geológico se orienta NW – SE, sobre la cuadrícula de la coordenada N 1382800 – E 749000, el cual culmina en N 1365000 – E 771800, la línea de perfil intercepta a la Formación Río Escondido (Tcre), la Formación Río Mico (Terma), los depósitos cuaternario aluvial y el cuerpo sub-volcánico Cerro El Corozo, está afectado por 6 fallas, una de carácter regional y las demás

pertenecientes al fallamiento local de área, de igual forma existen fracturas, intercepta la estructura circular El Virgo y la caldera Musuwaka.

Sección B – B´

El corte está orientado SW – NE, en la cuadrícula de la coordenada N 1364600 – E 748000 y culmina en las coordenadas N 1378000 – E 771700, esta línea de perfil intercepta a la Formación Río Mico (Terma), la Formación Machuca (Tem), la Formación Río Escondido (Tcre), la unidad Río Rama (Terr), el cuerpo intrusivo de Cerro Grande (Tii) y algunos depósitos de origen cuaternario (Qr).

En el aspecto estructural, se ve afectado por 6 estructuras lineales, en las que destacan cinco de carácter regional y fallas normales e inversas locales, atraviesa la Caldera La Esperanza, y el relicto de caldera Musuwaka y estructuras mineralizadas, dentro de las andesitas de la Formación Río Mico.

7.5 ESTRUCTURAS CIRCULARES

Las depresiones de origen volcánico se agrupan bajo el término de cráteres y calderas y se forman por el colapso de antiguas cámaras magmáticas; desde el punto de vista topográfico estas estructuras están señaladas por líneas de fallas bien marcadas que limitan los bloques hundidos. (Cepeda, L. 1986).

Se identificaron cuatro estructuras circulares mediante las fotografías aéreas, imágenes de satélite, imágenes Landsat e imágenes de radar, a continuación se detallan aspectos morfo-estructurales de este tipo de estructuras, las cuales por lo general se encuentran en la formación Río Mico (Terma).

7.5.1 CALDERA EL VIRGO

Se localiza al NW del área de estudio, alrededor de las comarcas La Tigra y El Jobito, en esta estructura su eje mayor rumba en dirección E – W, el cual mide 6 km y su eje menor orientado N – S mide 4 km, dentro de esta estructura de caldera se delimitó un antiguo centro de erupción o cono volcánico (Cerro El Virgo – 234 msnm).

El límite W de la caldera está un poco truncado e interceptado por estructuras lineales de rumbo NW – SE, pero los flancos N, S y E de la estructura son claramente visible en el campo.

A través de este sistema de centro de emisión y al vulcanismo por fisuras, ascendieron los materiales rocosos que conforman la Formación Río Mico en esta porción del mapa geológico.

Esta estructura se encuentra afectada por fallas y fracturas de rumbo NW – SE, siendo el más predominante y en menor cantidad estructuras de rumbo NE – SW; se ha interpretado que la Formación Río Mico (Terma) proviene de erupciones centrales las que por general, muestran una dirección de flujo de rumbo NE – SW, que posteriormente dichas estructuras sufrieron el colapso o hundimiento de sus cámaras magmáticas.

Cercano a esta caldera se encuentran cuerpos intrusivos alineados en dirección NE – SW (Tii) e intrusivos básicos (Tib), alineados con un rumbo NW – SE, esta estructura es claramente observable en los medios auxiliares de la fotointerpretación

7.5.2 CALDERA LA ESPERANZA

Esta estructura se localiza en la porción S del cuadrante, en la Comarca Cerro Grande, sus dimensiones están distribuidas de la siguiente manera: su eje mayor con 6 km rumba NE – SW y su eje menor el cual rumba NW – SE mide 3.5 km, el origen de esta estructura se debe al colapso de la antigua cámara magmática la cual se infiere que era somera.

Dentro de esta estructura de caldera, se encontró un antiguo centro de emisión (Cerro La Cuchara – 194 msnm), el cual está ubicado a lo largo de eje mayor de la estructura en el flanco SW de la misma.

Esta estructura presenta una característica muy particular, en su interior o zona más baja se depositaron las rocas sedimentarias de la Formación Machuca (Tem), la que indica y corrobora que esta formación de origen sedimentario es más joven que las rocas volcánicas de la formación Río Mico.

La caldera La Esperanza se encuentra afectada por fallas y fracturas de rumbo NW – SW, siendo una de carácter regional y dos fallas de carácter regional, la que rumba en dirección NE – SW, siendo estas fallas marginales de esta estructura circular, los flancos de esta estructura han sido muy marcados por la erosión, donde no se logra delimitar claramente en la porción SW de dicha estructura.

Producto a posibles erupciones de este centro de emisión y a un antiguo cráter (Loma Los Abandonos – 267 msnm), se encuentran flujos lávicos compuestos por basaltos y andesitas orientados con dirección NE – SW; cercano a esta Caldera se encuentra el cuerpo intrusivo de Cerro Grande.

7.5.3 CALDERA MUSUWAKA

Esta caldera se ubica a lo largo y ancho de la porción E del mapa geológico, ubicada en las comarcas Musuwaka, Mirasol, La Calentura y Poza Redonda, su eje mayor de 22 km rumba en dirección NE – SW y su eje menor el cual corre en dirección NW – SE mide 12 km de extensión, los que dan a esta estructura de carácter regional una forma ovalada.

Cabe destacar que esta estructura el 80% de sus dimensiones aflora en el cuadrante de Río Pilán serie 3253 – II y el porcentaje restante se ubica en la porción W del cuadrante Wapí serie 3353 – III.

La Estructura Musuwaka, es un relicto de caldera y una de las primeras estructuras de subsidencia en el área, en las imágenes de radar y satelital sus rasgos morfológicos son notables, pero con avanzados procesos de erosión.

El terreno en que se ubica este relicto de caldera, se encuentran las rocas sedimentarias de la Formación Río Escondido (Tcre), al centro de la estructura; en los flancos S, afloran las rocas volcánicas de la Formación Río Mico (Terma) donde esta estructura no está erosionada y es notable el arqueamiento de sus flancos, de igual forma aflora en los flancos N de la estructura, en las tobas de la unidad Río Rama (Terr).

En esta estructura, en la porción SW, donde se encuentra la Formación Río Rama (Terma), afloran vetas de cuarzo las que se orientan NE – SW, en los escarpes u orillas de la caldera, corroborando de esta manera en este estudio, la información y la correlación de las estructuras de calderas (Paleo-arcos), con los depósitos minerales en Nicaragua, mencionada por Lilljequist & Hodgson en 1983.

Estas mismas características favorables a los depósitos minerales se presentan en la estructura circular La Esperanza, anteriormente descrita.

En la estructura de caldera Musuwaka, se infieren fallas de rumbo NE – SW orientadas al paso de los ríos principales como Río Pilán, Musuwaka, Inquinis, y fallas bien delimitadas como la falla Inquinis, de rumbo NE – SW y las fallas Río Siquia, Mirasol y Bocana de Río Pilán, las cuales son de rumbo NW –SE, todas estas fallas desplazan a la caldera Musuwaka.

7.5.4 CRÁTER EL COROZO

Este cráter denominado El Corozo, se ubica dentro de la estructura circular Musuwaka, localizado en la porción S del mapa geológico y de la Caldera.

Sus dimensiones son las siguientes: su eje mayor de rumbo E – W mide 3 km y su eje menor que rumba N – S mide 1.2 km, este cráter tiene un diámetro mucho menor que el de la estructura de caldera Musuwaka; está ubicado entre las rocas andesíticas (andesitas porfíricas) de la Formación Río Mico.

En esta estructura se delimitó un centro de emisión o antiguo cono volcánico (Cerro El Corozo – 294 msnm), el cual se encuentra afectado por fallamiento local y fracturas de rumbo NE – SW.

7.5.5 ESTRUCTURAS SEMICRICULARES MIRASOL – POZA REDONDA

Estas estructuras semicirculares, también llamadas estructura en herradura, se presentan en la unidad Río Rama, en la porción NE del cuadrante, entre las comarcas Mirasol y Poza Redonda, conformada por tres de este tipo de estructuras, las que presentan una abertura entre 1 – 5 km en dirección S, estas estructuras se encuentran desplazadas por las fallas de rumbo NW – SE como lo son las fallas Mirasol y Río Siquia.

Estas estructuras semicirculares son claramente identificables en las imágenes satelital, denotando un fuerte arqueamiento en sus flancos y los desplazamientos provocados por las fallas en esta porción del mapa geológico.

7.6 OTRAS ESTRUCTURAS

Dentro del ámbito estructural destacan cuerpos dómicos, plug y diques de variables litologías y expresiones morfológicas:

7.6.1 DIQUE EL JOBO

Se localiza en la comarca El Jobo, conformado por la Loma El Jobo (208 msnm), rumba N 44° E, tiene una longitud de 1.6 km, la roca que lo conforma es un basalto de coloración gris oscura, de textura afanítica, la roca es masiva, este dique corre paralelo a la falla La Tigra, de carácter regional, inicia en las coordenadas N 1374700 – E 747300 y culmina en las coordenadas N 1375900 – E 749000, esta estructura da una expresión morfológica de mesa tabular arqueada.

7.6.2 DOMOS EL JOBITO

Esta estructura se trata de tres cuerpos dómicos, de composición básica, alineados en una estructura de falla, los que se alinean con un rumbo N 62° W, se trata de rocas basálticas, de coloración gris oscura, textura afanítica en la que se observan escasas plagioclasas, pequeños cristales de olivino y piroxenos, el complejo dómico cubre un área de 5.5 km², se ubican en la comarca El Jobito. Foto 32 A.

7.6.3 PLUG EL ALCALDE

Es un cuello volcánico o estructura de plug (Cerro El Alcalde – 295 msnm) su composición es intermedia (andesita – recristalizada) , se ubica en la Comarca Siquia, en la parte NW del cuadrante Río Pilán, en las coordenadas N 1380800 – E 749000, este plug intruye a las rocas volcánicas de la Formación Río Mico.

7.6.4 DOMO CERRO GRANDE

Este domo de composición intermedia (Dacita) se encuentra en la parte SW del área de estudio en la Comarca Cerro Grande, se trata del punto más alto de todo el cuadrante Río Pilán (Cerro Grande – 324 msnm) cubre un área de 0.90 km² , esta estructura intruye a las rocas volcánicas de la formación Río Mico (Terma).

7.6.5 DIQUE LA CALENTURA

Es de composición basáltica – andesítica, intruye a las rocas volcánicas del Terma y se ubica en la comarca Pilán al SW del cuadrante, en las coordenadas N 1369800 – E 752500, presenta un rumbo N 72° W, tiene una extensión de 300 m, su altura es de 209 msnm.

En el área de estudio, se ubica otro sin número de este tipo de estructuras, de menores longitudes, como Dique Buenos Aires (N 1365000 – E 766000), plug Loma Las Breñas (N 1376500 – E 745000), Dique Peña Blanca (N1378700 – E 745000), Domo Cerro El Gigante (N 1367200 – E 766500).

CAPÍTULO VIII

8. GEOLOGÍA ECONÓMICA

8.1 DEPÓSITOS MINERALES NO METÁLICOS

8.1.1 ROCAS ÍGNEAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Las rocas ígneas son formadas por el enfriamiento y cristalización de lavas de diferentes composiciones (ácidas, intermedias y básicas) las que se subdividen en ígneas intrusiva e ígneas extrusivas. (Cepeda, L. 1986).

Las rocas ígneas extrusivas, se encuentran ampliamente dispersas en el área de estudio (Formación Río Mico) y también se encuentran rocas ígneas intrusivas en menores proporciones.

Las rocas ígneas extrusivas se diferencian por presentar texturas generalmente afaníticas, porfiríticas, matriz vítreas o silicificada, de estructuras fluidal, masivas, de igual forma se encuentran cuerpos hipabisales como diques, los que han sido aprovechados por el hombre para diferentes usos.

Las rocas masivas, son por lo general lavas que se forman por el enfriamiento lento en la superficie, las rocas piroclásticas por la fragmentación y enfriamiento de los productos o materiales volcánicos en el aire.

Este tipo de roca ígneas extrusivas son las que más se han utilizado para agregados para la construcción, por sus favorables dimensiones y afinidad con los materiales de construcción (cemento, alquitrán, etc.); a continuación se detallan algunos cuerpos de rocas ígneas extrusivas las que pueden ser de provecho como materiales de construcción.

En la porción NW del área de estudio se ubica la formación Río Mico (Terma) la cual es de origen volcánico, caracterizada litológicamente por basaltos, basalto – andesitas, andesitas, de maneras fluidal y de afloramientos masivos, algunos con grados medios y bajos de fracturación, los que los hacen ideales a estos afloramientos como bancos de préstamo de materiales para la penetración

de caminos (balastro) y agregados para el levantamiento de estructuras (horizontales – verticales)

Destacan afloramientos de basaltos y basaltos andesitas como: Lomas Las Delicias (164 msnm), Cerro El Virgo (234 msnm), Loma La Virgen (194 msnm), Loma El Jobo (208 msnm), Cerros El Jobito (237 msnm)



Foto 32: Cerros El Jobito – 327 msnm, de composición basáltica, en coordenadas N 1378000 – E 758000.

De igual manera se presentan distribuidos flujos de lavas básicas en la porción SW del área de estudio, en los cuales los afloramientos presentan un grado medio de fracturación y amplias dimensiones favorables para la extracción de material, sobresalen: Lomas de Pilán (318 msnm), Loma Las Brisas (241 msnm), Lomas La Esperanza (179 msnm) y Loma Los Abandonos (277 msnm) .

En la parte SE del mapa geológico de Río Pilán, afloran las andesitas porfíricas de estructuras columnares, son aptas para ser utilizadas como material de construcción (mejoramiento de caminos), estos afloramientos se encuentran pese a este fracturamiento (disposición columnar), en buen estado para ser aprovechables: Cerro El Gigante (243 msnm), Loma El Corozo (294 msnm), Cerro El Portillo (201 msnm) y Loma El Cacao (180 msnm).

Estos depósitos no metálicos para materiales de construcción se ubican dentro de la formación volcánica Río Mico (Terma).



Foto 33. Andesitas porfíricas con disposición columnar (Prismas Hexagonales), de la formación Río Mico (Terma) material rocoso apto como agregado de construcción.

8.1.2 APROVECHAMIENTO DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Dentro de los depósitos minerales de origen no metálico, caben las areniscas de las rocas sedimentarias de la formación Río Escondido (Tcre), las que se caracterizan por tener una textura clástica de granulometría fina a media y espesores entre los 15 cm – 0.40 m ideales para la extracción y comercialización de piedras de afilar (mollejones), utilizados en el campo.

Por lo general estas areniscas se encuentran con lutitas bien compactadas y su extracción no asciende a altos precios, afloramientos típicos son los de Cerro El Aguacate (85 msnm) el cual se ubica en la porción centro – N del área de estudio.



Foto 34. Afloramiento característico de arenisca la que se puede extraer y emplearse como mollejones, nótese horizontes de esta roca en la fotografía derecha.

8.2 DEPÓSITOS MINERALES METÁLICOS

En el área de Río Pilán, se encontraron vetas de cuarzo, distribuidas en la formación Río Mico, siendo las andesitas porfiríticas y fluidal, la roca caja de estas estructuras.

El cuarzo componente de estas estructuras es tipo vuggy, sacaroide y drúzico, el cual presenta alteraciones de hematita y limolita, son estructuras de origen hidrotermal depositadas en cuerpos tabulares que rumban NE – SW, de cortas extensiones, pero de distribución media, estos cuerpos se encuentran relacionados a estructuras circulares de calderas y forman cuerpos tabulares de pendientes pronunciadas y medias; este tipo de estructura de cuarzo es favorable para los depósitos de oro y minerales de interés económico.

Estas estructuras de vetas, se encuentran en las porción S del mapa geológico, de igual manera se encontraron rodados de cuarzo, de variables tamaños, en algunas de las riveras del Río Musuwaka e Inquinis, aledaños a esta zona.



Foto 35A



Foto 35B

Foto 35A: Veta de cuarzo de 800 m de extensión, la cual denota una forma de mesa alargada con rumbo NE – SW

Foto 35B: Cuarzo componente de las vetas en Río Pilán, apto para la atracción de minerales de interés económico, nótese alteraciones hematíticas y limolíticas en la estructura del cuarzo.



Foto 36: Rodados de cuarzo presentes en la formación Río Mico.

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

En el área de estudio se identificaron tres formaciones de rocas, una unidad litológica, y dos depósitos cuaternarios, caracterizados según su origen y características litológicas, pertenecientes a una edad Terciaria (Eoceno), todas pertenecientes al Grupo Pre - Matagalpa:

➤ **Formaciones de origen sedimentario:**

- 1- **Formación Río Escondido (Tcre)**, la que se caracteriza litológicamente por una secuencia de sedimentos clásticos – químicos (areniscas, lutitas y conglomerados).
- 2- **Formación Machuca (Tem)**, Esta formación está conformada por sedimentos clásticos, es una secuencia cíclica de areniscas de granos medios a fino, lutitas calcáreas y pequeñas vetillas de calcita.

➤ **Formaciones de origen Volcánico:**

- 1- **Formación Río Mico (Terma)**, en esta formación destacan flujos de lavas básicas e intermedias, relictos de estructuras de calderas, antiguos conos volcánicos, y diques; estos materiales rocosos están constituidos por lo general de rocas ígneas extrusivas (basalto, basalto – andesita, andesitas fluidal y porfiríticas) y algunos cuerpos hipabisales como diques basálticos y cuerpos intrusivos de composición .
- 2- **Unidad Río Rama (Terr)**, Litológicamente esta unidad está conformada depósitos de oleadas piroclásticas, las que morfológicamente dan origen a terrenos tabulares (mesas), escalonadas y buzantes.

➤ **Depósitos Recientes:**

- 1- **Depósitos aluviales**, estos depósitos de edad holocénica, son producto de la descomposición de otras rocas existentes que han sido sometidas a los agentes exógenos y han sido erosionados, transportados y depositados,

formando así aluviones o terrazas mal calibradas en el transcurso del Río Siquia.

- 2- **Depósitos residuales**, estos depósitos, están conformados por suelos originados por la descomposición in-situ de la roca, la cual sufre los procesos exógenos (meteorización física y química), estos depósitos, son suelos de variables coloración y textura.

De las formaciones y unidades existentes en la zona de estudio se estableció una secuencia estratigráfica, distribuida de la siguiente manera: (orden de lo más reciente a lo más antiguo – según columna estratigráfica generalizada)

- 1- **Cuaternario Aluvial (Qal)**
- 2- **Cuaternario Residual (Qr)**
- 3- **Formación Machuca (Tem)**
- 4- **Formación Río Mico (Terma)**
- 5- **Unidad Río Rama (Terr)**
- 6- **Formación Río Escondido (Tcre)**

En el ámbito geomorfológico, se diferenciaron siete unidades y tres sub - unidades geomorfológicas:

1. **Unidad de Llanuras Aluviales**
2. **Unidad de Peniplanicies**
3. **Unidad de mesas erosionadas**
4. **Unidad de flujos de lavas**
 - 4.1 **Sub Unidad de lavas Columnares**
5. **Unidad de conos y domos volcánicos**
 - 5.1 **Sub Unidad de domos**
 - 5.2 **Sub Unidad de conos**
6. **Unidad de cráteres y calderas**
7. **Unidad de relieves escarpados**

A raíz de esta clasificación se confeccionó el mapa geomorfológico, el cual ayudó a definir y a caracterizar las formaciones litológicas y su relación con las estructuras que las originan.

En el carácter fisiográfico se sub-dividió el área de estudio en cinco zonas fisiográficas las que ayudaron a crear una modelamiento del relieve:

- 1- Zonas de relieves llanos y ondulados sin accidentes**
- 2- Zonas de relieves tabulares**
- 3- Zonas de relieves llanos con cerros aislados**
- 4- Zonas de relieves de pendientes largas y suaves, relieves arqueados moderados a semi-abruptos**
- 5- Zonas de relieves semi-abruptos y escarpados.**

Se identificaron 4 sistemas de fallas principales, relacionadas al fallamiento regional en Nicaragua:

- 1- Sistema de fallas de rumbo NE – SW**
- 2- Sistema de fallas de rumbo NW – SE**
- 3- Sistema de fallas locales N – S**
- 4- Sistema de fallas locales E – W.**

De las cuales se considera que las estructuras de rumbo NE – SW son más jóvenes que el fallamiento que rumba NW – SE, pues éstas se encuentran generalmente desplazadas por estas estructuras.

De igual forma en el ámbito estructural, se identificaron cuatro estructuras circulares, producto de subsidencia de antiguas cámaras magmáticas.

- 1- Caldera El Virgo**
- 2- Cadera La Esperanza**
- 3- Caldera Musuwaka**
- 4- Cráter El Corozo**
- 5- Estructuras semicirculares Mirasol – Poza Redonda**

Estas estructuras circulares son de variables dimensiones, así como su catalogación de regionales y locales, dos de estas estructuras están relacionadas con los depósitos minerales existentes en la zona.

Mediante la confección de un mapa de red hídrica se identificaron cinco sub-cuencas y ríos tributarios de la cuenca hídrica número 61, denominada Río Escondido:

- 1- **Sub – cuenca del Río Siquia**, la que presenta un drenaje paralelo, debido a los parámetros estructurales que la rigen.
- 2- **Sub – cuenca del Río Pilán**, esta genera un drenaje dendrítico en las partes altas de la sub-cuenca y un drenaje sub-paralelo al verter sus aguas en el río principal Pilán, siendo esta la sub-cuenca la de mayor extensión en el área.
- 3- **Sub – cuenca del Río La Tigra**, esta sub-cuenca presenta un drenaje dendrítico fino.
- 4- **Sub – cuenca del Río Inquinis**, presenta un drenaje del tipo sub-paralelo, con poco afluentes a esta sub-cuenca.
- 5- **Sub – cuenca del Río Musuwaka**, esta cuenca debido a que se encuentra en una estructura de caldera y de cuerpos hipabisales intruyendo a la formación Río Mico origina un patrón de drenaje radial.
- 6- **Tributarios de la sub-cuenca del Río Tutuwaka**, son pequeños ríos que drenan sus aguas al Río Tutuwaka, presentan un drenaje radial junto con la sub-cuenca del río Musuwaka.

9.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un levantamiento geológico a detalle, para establecer una mejor sub-división entre la formación Río Escondido (Tcre) y la unidad Río Rama (Terr), en la parte NE del cuadrante, así como en toda la zona para establecer de manera absoluta los contactos litológicos entre estas formaciones del Grupo Pre-Matagalpa.
- Realizar dataciones radiométricas a rocas representativas de cada formación y a los cuerpos intrusivos e hipabisales, para así ubicar las formaciones en edades absolutas y no relativas.
- Continuar la búsqueda de sitios de mineralización en la formación Río Mico (Terma) y así extender el distrito minero de Kisilala.
- Ejecutar campañas geoquímicas (muestreos de sedimentos fluviales), en los ríos tributarios de la sub-cuenca hídrica del Río Musuwaka y del Río Inquinis.
- Las rocas ígneas extrusivas de la Formación Río Mico (Terma), son aptas para su uso como material agregado en la construcción, para lo cual se recomienda ejecutar estudios de cálculos de volumen y reservas de estos bancos de materiales, para futuras obras civiles en beneficio de la población.
- Realizar un estudio del caudal hídrico de los ríos Siquia, Pilán, Musuwaka e Inquinis y valorar el posible estudio de factibilidad de la construcción de pequeñas hidroeléctricas, que contribuyan a que estas comunidades gocen del beneficio de la energía eléctrica.
- Realizar estudios hidrogeológicos en el área de Río Pilán, puesto que las rocas presentan una permeabilidad secundaria debido al fallamiento local de la zona y así acceder a fuentes de abastecimiento de agua potable en la zona.

CAPÍTULO X

10. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldías Municipales de la RAAS, El Rama, Muelle de los Bueyes, El Ayote., 2009. Plan de Inversion período 2009 – 2012.

Andersson & Anstrad, F., 1984. Structural Interpretation of LandSat Images over Tertiary Volcanics in Nicaragua, Central America, SGAB report to SAREC/INMINE and FIR.

Cepeda, L., 1986. Apuntes de Petrología Ígnea, Universidad Nacional Autónoma de México.

Deer, Howie & Zussman., 1992. The rock – forming minerals, second edition.

Dengo, G & Casae, J., 1990. The Geology of North America and The Caribbean Region. Vol. H. Colorado.

Dexter, Perkins., 2002. Mineralogy. Second edition. University of north Dakota.

Fernández, A., Ferreyra, C., Guerrero, M., 2005. Mapeo Geológico y Anotaciones Mineralógicas del Área de Cuapa.

Frischbutter, A., 2002. Structures of the Managua Graben, Nicaragua, from remote sensing images.

Guillermo, I., 1991. Los Relieves de las Rocas Ígneas, Génesis, Clasificación y Aplicabilidad. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Hernández, M., 1986. Petrografía de las Rocas Sedimentarias. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.

Hodgson, G., 1989. Resumen de la Geología dentro de la Geotransversal.

Hodgson, G., 1998. Fundamentos básicos de la Geología (Relativo a Nicaragua), 3ra Edición.

Hodgson, G., 2000. Geología Regional de Nicaragua, Introducción al Léxico Estratigráfico de Nicaragua.

Hodgson, G., 2002. Geología Histórica e Historia Geológica Estructural, Tectónica simplificada de Nicaragua y América Central, 2da Edición.

Hunting Geology and Geophysics Ltda., 1972. Interpretaciones de imágenes de radar e imágenes de satélite LandSat.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), 2005. VIII Censo de Población y IV de Vivienda.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), 1989. Mapa Topográfico Río Pilán (3253 – II), Catastro e Inventario de Recursos Naturales.

Lilljequist, R. & Hodgson, G., 1983. Desplazamiento de Actividades Volcánicas durante el Terciario y la relación entre Paleocarros Volcánicos y depósitos minerales en Nicaragua.

McBirney, A. & Williams, R., 1965. Volcanic History of Nicaragua. University of California.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales., 2010. Caracterización de la cuenca No. 61 Río Escondido.

Ministerio de Energía y Minas., 2010. Informe de Mapificación Geológica del cuadrángulo El Ayote serie 3252 – II a escala 1: 50 000.

Ministerio de Energía y Minas., 2011. Informe de Mapificación Geológica del cuadrángulo la Esperanza serie 3352 – IV a escala 1: 50 000.

Ministerio de Energía y Minas., 2012. Informe de Mapificación Geológica del cuadrante Cerro Campana serie 3252 – II a escala 1: 50 000.

Ministerio de Energía y Minas., 2012. Inventario Geológico – Distribución del territorio Nicaragüense cartografiado.

Ministerio de Energía y Minas., 2013. Informe de Mapificación Geológica del cuadrante Wapí serie 3353 – III a escala 1: 50 000.

Need, William D., 2004. Introduction optical mineralogy, third edition. Oxford University Press.

Price, B., 1986. Resumen y Resultados de los Sondeos y Exploraciones realizados en Quisilala.

Price, B., 1986. Informe Geológico – Minero sobre las Minas de oro de Quisilala.

Robert, C., 1961. Geología de Campo. Editorial Pax – México.

SAREC., 1986. Investigaciones Paleomagnéticas y Determinaciones de edades K – Ar en Rocas Volcánicas de Nicaragua, Proyecto SAREC.

SAREC., 1988. Proyecto Geotransversal de Costa a Costa, Servicio Geológico Sueco.

Vigil, C., 1980. Informes en los Diferentes Aspectos Geológico – Minero y Económico de la Zona Minera del Siquia o de Kisilala, Jurisdicción del Rama, Departamento de Zelaya.

W.S. MacKenzie, C.H. Donaldson and C. Guilford., 1982. Atlas of igneous rocks and their textures. Editorial Longman.

W.S. MacKenzie and C. Guilford., 1980. Atlas of rock- forming minerals in thin section. Editorial Longman.

GLOSARIO

Alteración: Cambios en la composición química y mineralógica de las rocas, producidas por la acción de soluciones hidrotermales.

Aluvial: término empleado al referirse a materiales relacionados con procesos fluviales.

Buzamiento: es el ángulo de inclinación comprendido entre el plano de la roca y el plano horizontal, cuya dirección es siempre perpendicular al rubo de la roca o estrato.

Cloritización: proceso de alteración de los minerales ferromagnesianos, transformándose en clorita.

Corte Geológico: sección transversal o longitudinal entre dos puntos de una determinada región, en la cual se representan las secuencias litológicas y las estructuras geológicas.

Detríticas: Roca formada por fragmentos de rocas o terrígenos cuyo origen proviene de la erosión de otras rocas.

Dique: intrusión de magma en forma alargada a través de las rocas estratificadas, perpendicular u oblicua a estas y en muchos casos corta a las rocas masivas.

Erosión: destrucción de los materiales de la corteza terrestre por acción de procesos geológicos, la erosión implica los siguientes procesos: fracturamiento, alteración física y/o química de la roca.

Escala: relación existente entre las dimensiones representadas en un mapa y las dimensiones reales en el terreno, esta puede ser gráfica o numérica.

Estructura: disposición, arreglo y cohesión en un determinado cuerpo rocoso, dicese también al ámbito estructural al llamar estructuras a fallas, fracturas y otros.

Exorreica: cuencas abiertas que son drenadas a otra cuenca mayor, la que verte sus aguas en el océano.

Disyunción o disposición columnar: características de ciertas rocas al solidificarse en formas prismáticas, las que generalmente son hexagonales.

Falla: Desplazamiento de un bloque respecto a otro, las que son producto de esfuerzos tectónicos, la cual provoca discontinuidad en la geología del sitio.

Formación: es una secuencia de rocas, generalmente de características similares en cuanto a facies litológicas. Una de sus características es que sean cartografiable.

Grupo: término empleado en la estratigrafía, para asignar una secuencia de rocas, posee una extensión regional y generalmente incluye varias formaciones geológicas.

Impermeable: roca que debido a su compactación o solidificación y fuerte cohesión de los minerales o fragmentos de rocas no permiten el paso del agua.

Permeabilidad: propiedad de las rocas que dejan pasar el agua fácilmente debido a las leyes hidrostáticas, esta depende de las formas, tamaño y arreglo o acomodo de los elementos constituyentes de las rocas.

Petrografía: manera descriptiva de las rocas, la cual estudia su origen, formación y evolución, por lo general su estudio esta enfatizado a manera microscópica de los minerales constituyentes en la roca.

Piroclásticas: roca resultante de la consolidación de los materiales volcánicos producto de nubes ardientes o caídas.

Relicto: restos de alguna estructura, en la que apenas se logran ver algunos rasgos.

Rumbo: dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica respecto al norte.

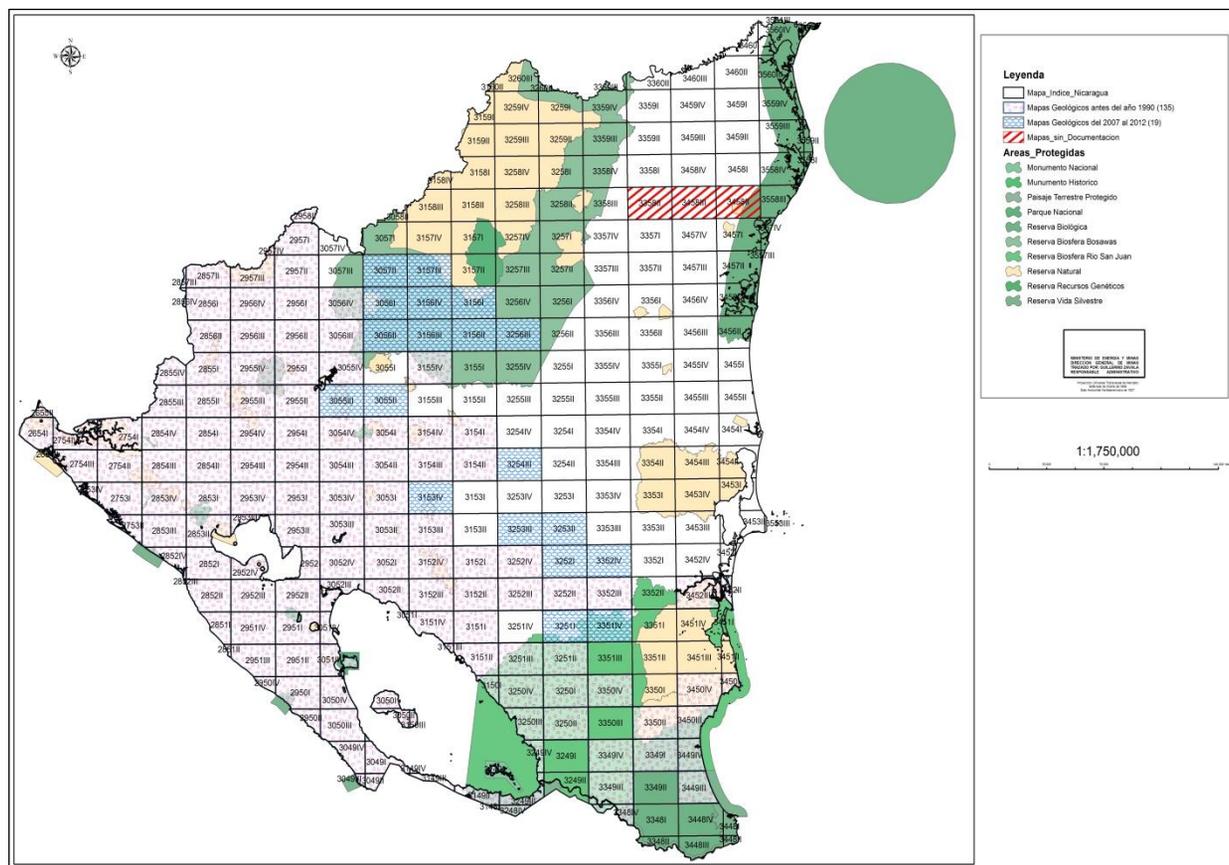
Suelo: Cobertura superficial de la corteza terrestre producto de la alteración de los minerales de las rocas madre, esto implica la meteorización química y física de la roca, estos pueden ser residuales, aluviales, coluviales.

Unidad: serie o secuencia litológica con características típicas de composición, ubicada en un tiempo definido.

Veta: estructura de falla o fractura, que contiene un filón, el cual puede alcanzar decenas de metros en espesor, la cual puede estar o no mineralizada, producto a las soluciones hidrotermales.

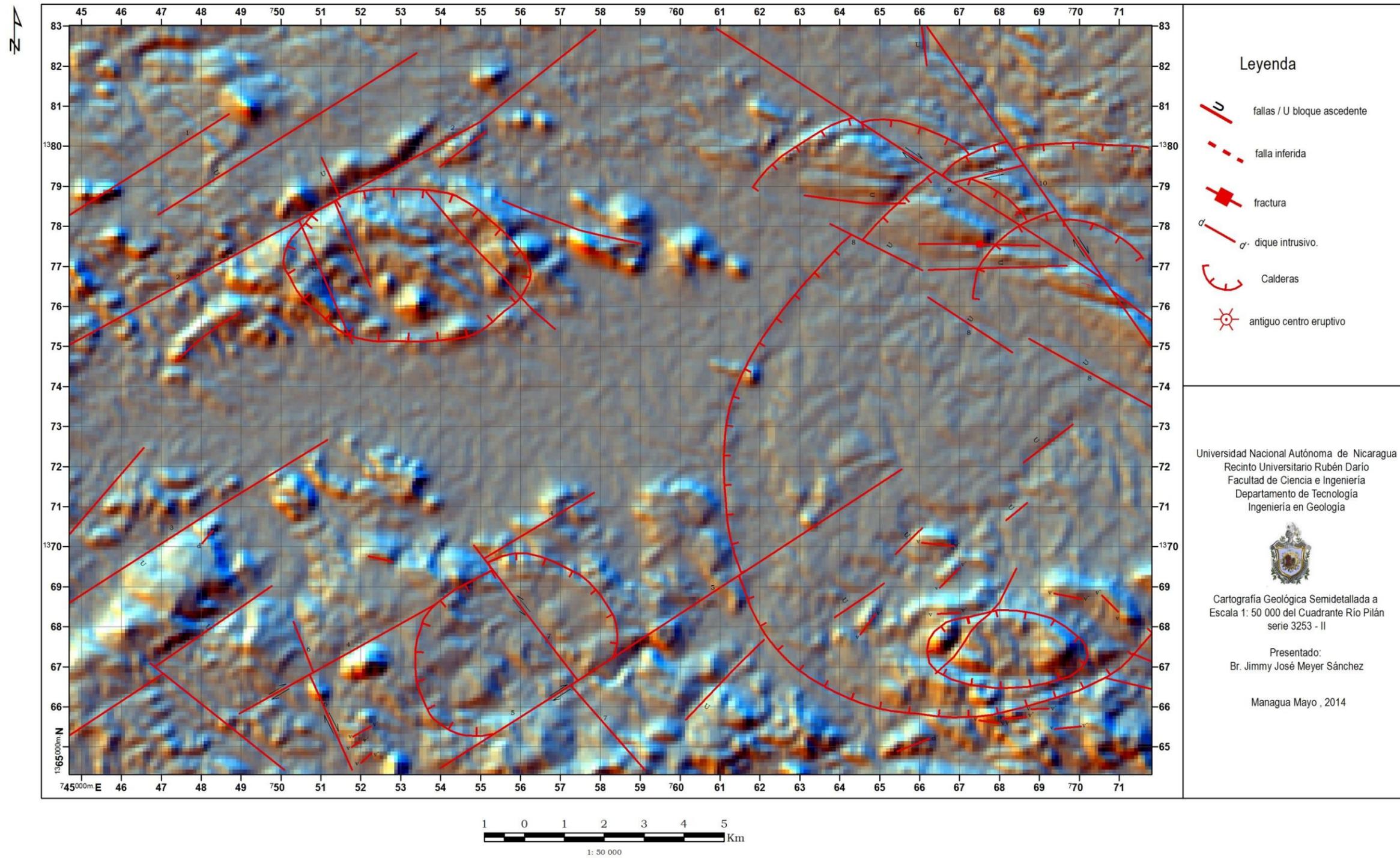
Vuggy: Sílice oquerosa residual, de estructura apta para la captación del fluido hidrotermal.

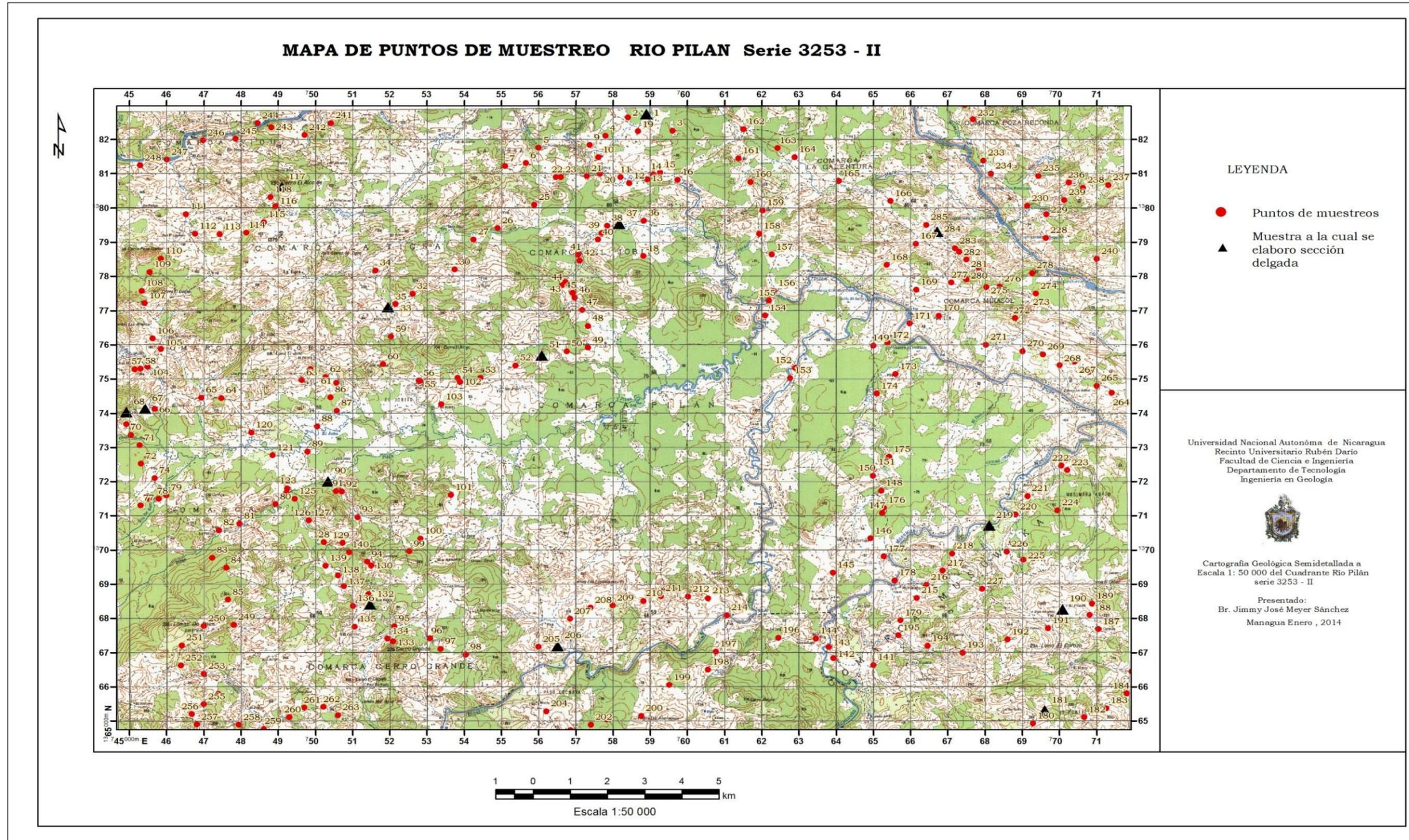
ANEXOS



Anexo 1. Mapa Índice Topográfico de Nicaragua, en el cual se reflejan los mapas geológicos realizados por el SGN y el Ministerio de Energía y Minas. Fuente MEM – DGM.

INTERPRETACIÓN DE IMAGEN SATELITAL DEL CUADRANTE RÍO PILÁN (3253 - II)





Anexo 3. Mapa de puntos de muestreos o afloramientos del cuadrante Río Pilán serie 3253 – II

ANEXO 4. PUNTOS DE MUESTREO EN EL CUADRANTE RÍO PILÁN SERIE 3253 - II

PUNTOS DE MUESTREO CARTOGRAFIA GEOLÓGICA SEMIDETALLADA A ESCALA 1: 50 000 DEL CUADRANTE RÍO PILÁN SERIE 3253 - II						
No	Este	Norte	litología	simbología	observación	estructuras/actitudes
1	758900	1382740	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	falla Rb N45E Bz 9NW
2	758400	1382650	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
3	759600	1382260	cuaternario	Qr		
4	757800	1382110	toba lítica	tul		
5	756000	1381760	toba lítica	tul		
6	755660	1381310	basalto	ba		
7	755100	1381220	basalto	ba		
8	757300	1383120	roca silicificada	rx si		
9	757370	1381840	roca silicificada	rx si		
10	757610	1381480	aglomerado	agl		
11	758200	1380900	toba	tu		
12	758441	1380720	columna estratigráfica	sed		
13	758918	1380835	arenisca	ss		Rb N30W Bz 40SW
14	759089	1380981	lutita	sh		
15	759266	1381038	columna estratigráfica	sed		
16	759732	1380827	arenisca	ss		
17	759143	1379893	conglomerado	cg		
18	758814	1378589	conglomerado	cg		
19	758670	1382240	arenisca	ss		
20	757650	1381000	toba lítica	tul		
21	757290	1380930	toba lítica	tul		
22	756470	1380900	roca silicificada	rx si		
23	756600	1380900	roca silicificada	rx si		

24	756220	1380377	basalto	ba	basalto piroxenico	
25	755880	1380090	basalto	ba		
26	754900	1379410	arenisca	ss		
27	754250	1379080	arenisca	ss		Rb N8W Bz 20SW
28	754080	1378460	arenisca	ss		Rb N80W Bz 11SW
29	753920	1378450	arenisca	ss		
30	753740	1378200	basalto	ba		
31	752950	1377710	basalto	ba		
32	752610	1377490	cuaternario	Qr	con fragmentos de ba	
33	752160	1377200	basalto	ba	hematizado	
34	751613	1378169	basalto - andesita	ba - and		
35	751957	1377089	basalto - andesita	ba - and		
36	758825	1379627	toba aglomerádica	tu ag		
37	758169	1379534	arenisca	ss		falla Rb N50E/Rb N30E Bz 10SE
38	757840	1379480	lutita	sh		Rb N20E Bz 20SE
39	757700	1379270	arenisca	ss		Rb N40E Bz 20SE
40	757593	1379074	roca silicificada	rx si		
41	757060	1378633	arenisca	ss		
42	757108	1378463	arenisca	ss		falla Rb E-W Bz 45NE
43	756720	1377830	arenisca	ss		
44	756650	1377748	arenisca	ss		
45	756916	1377514	basalto	ba		
46	756971	1377374	basalto	ba		
47	757171	1377016	basalto	ba		
48	757326	1376550	cuaternario	Qr	con fragmentos de ba	
49	757326	1375917	basalto	ba		
50	756754	1375810	basalto - andesita	ba - and		
51	756086	1375688	basalto	ba		

52	755376	1375393	basalto	ba		
53	754441	1375038	andesita porfirítica	anpo		
54	753823	1375030	basalto	ba	hematizado	
55	752820	1374940	basalto	ba	hematizado	
56	752781	1374955	basalto	ba		falla Rb N25W
57	745150	1375282	andesita	and		
58	745300	1375300	andesita	and		falla Rb N60W
59	752032	1376240	basalto	ba	hematizado	
60	751819	1375433	basalto	ba		
61	750564	1374891	cuaternario	Qr		
62	750274	1375057	basalto	ba	dique intrusivo	
63	749631	1374962	basalto	ba		
64	747473	1374442	basalto	ba		
65	746933	1374457	basalto	ba		falla Rb N35W
66	745681	1374125	basalto	ba		falla Rb N10W
67	745423	1374123	basalto	ba	amígdulas y vesículas	
68	744927	1374021	basalto	ba	amígdulas y vesículas	
69	744927	1373678	basalto	ba	amígdulas y vesículas	
70	745043	1373366	andesita	and		falla Rb E-W
71	745283	1373062	cuaternario	Qr		
72	745318	1372521	cuaternario	Qr		
73	741512	1372377	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
74	745680	1372101	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
75	745500	1371500	andesita porfirítica	anpo		
76	745504	1371571	roca silicificada	rx si	lineamiento - veta	
77	745300	1371300	cuarzo	qz	drúxico	
78	745800	1371500	andesita porfirítica	anpo		falla Rb N45E
79	746000	1371600	andesita porfirítica	anpo		
80	748933	1371334	basalto	ba		

81	747963	1370770	basalto	ba		
82	747406	1370580	andesita porfírica	anpo		
83	747228	1369773	andesita porfírica	anpo		
84	747604	1369478	andesita porfírica	anpo		
85	747658	1368550	andesita porfírica	anpo		
86	750411	1374468	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
87	750574	1374076	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
88	750045	1373612	cuaternario	Qr		
89	749791	1372877	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
90	750337	1372005	toba lítica	tul		falla Rb N65E
91	750552	1371725	toba lítica	tul		
92	750710	1371707	arenisca	ss		Rb N30W Bz 10NE
93	751132	1370962	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
94	751391	1369659	andesita porfírica	anpo		
95	752125	1367772	andesita porfírica	anpo		
96	753085	1367417	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
97	753369	1367108	andesita porfírica	anpo		
98	754044	1366942	basalto - andesita	ba - and		
99	752528	1369961	roca silicificada	rx si		
100	752831	1370332	roca silicificada	rx si		
101	753644	1371613	roca silicificada	rx si		
102	753894	1374912	roca silicificada	rx si		
103	753382	1374259	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
104	745497	1375355	cuaternario			
105	745851	1375878	basalto - andesita	ba - and	fragmentos de qz	
106	745628	1376182	basalto - andesita	ba - and		
107	745416	1377216	toba lítica	tul		
108	745339	1377581	toba lítica	tul		
109	745546	1378128	toba	tu		

110	745856	1378518	roca intrusiva	intrusivo	intrusivo	
111	746520	1379820	roca silicificada	rx si		
112	746765	1379245	arenisca	ss	presenta fósiles	Rb E - W Bz 9SW
113	747433	1379227	basalto - andesita	ba - and		
114	748149	1379274	roca silicificada	rx si		
115	748617	1379583	roca silicificada	rx si		
116	748929	1380055	roca silicificada	rx si	lineamiento - veta	Rb N70W
117	749097	1380602	roca intrusiva	intrusivo	intrusivo	
118	748792	1380314	roca intrusiva	intrusivo	intrusivo	
119	749870	1375289	toba	tu		
120	748285	1373436	roca silicificada	rx si		
121	748854	1372768	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
122	749261	1371994	roca silicificada	rx si		
123	749245	1371801	roca silicificada	rx si		
124	749229	1371669	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
125	749450	1371496	basalto - andesita	ba - and		falla Rb N30W
126	749823	1370864	basalto - andesita	ba - and		
127	749823	1370864	basalto - andesita	ba - and		
128	750234	1370226	basalto - andesita	ba - and	vetillas de qz	Rb N50W
129	750737	1370205	roca silicificada	rx si		
130	751504	1369547	andesita porfírica	anpo		
131	751425	1368704	andesita porfírica	anpo		
132	751470	1368401	roca intrusiva	intruviso	intrusivo	
133	752085	1367326	roca intrusiva	intrusivo	intrusivo	falla Rb N75E Bz 42NW
134	751940	1367406	basalto - andesita	ba - and		
135	751053	1367759	basalto - andesita	ba - and		
136	751011	1368361	arenisca	ss		Rb N15W Bz 6NE
137	750769	1368944	roca silicificada	rx si		
138	750612	1369259	roca silicificada	rx si		

139	750277	1369537	roca silicificada	rx si		
140	750912	1369938	roca silicificada	rx si		
141	764993	1366640	cuaternario	Qr		
142	763923	1366843	cuaternario	Qr		
143	763796	1367158	basalto	ba		
144	763454	1367412	andesita porfirítica	anpo		
145	763917	1369340	cuaternario	Qr		
146	764917	1370340	cuaternario	Qr		
147	765238	1371081	roca silicificada	rx si		
148	765212	1371731	roca silicificada	rx si	lineamiento - veta	Rb N70E Bz 50NW
149	764997	1375976	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
150	764982	1372168	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
151	765011	1372354	lutita	sh		
152	762888	1375321	cuaternario	Qr		
153	762763	1375026	cuaternario	Qr		falla Rb N15E
154	762084	1376858	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
155	762190	1377290	cuaternario	Qr		
156	762320	1377581	toba aglomerádica	tu ag		
157	762267	1378639	toba aglomerádica	tu ag		
158	761929	1379245	arenisca	ss		
159	762024	1379928	toba aglomerádica	tu ag		
160	761690	1380757	toba aglomerádica	tu ag		
161	761373	1381450	toba aglomerádica	tu ag		
162	761509	1382306	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
163	762421	1381747	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si	
164	762882	1381485	lutita	sh		Rb N85E Bz 10SE
165	764063	1380785	columna estratigráfica	sed		Rb N39W Bz 10NE
166	765456	1380203	toba lítica	tul		
167	766144	1378958	toba lítica	tul		

168	765355	1378333	toba lítica	tul		
169	766156	1377610	toba lítica	tul		
170	766750	1376853	cuaternario	Qr	madera fósil	
171	765974	1376621	cuaternario	Qr		
172	765379	1376063	roca silicificada	rx si		
173	765596	1375142	roca silicificada	rx si		
174	765091	1374571	arenisca	ss	Tem	
175	765422	1372724	roca silicificada	rx si		
176	765280	1371234	cuaternario	Qr		
177	765277	1369811	lutita	sh	presenta fósiles	
178	765573	1369112	lutita	sh		
179	765729	1367941	andesita porfírica	ampo	lineamiento - veta	
180	769281	1364931	andesita porfírica	ampo		
181	769597	1365301	cuarzo	qz	lineamiento - veta/ drúzico y buggy	Rb N40W
182	770660	1365108	andesita porfírica	ampo	fragmentos de rx si	
183	771260	1365372	andesita porfírica	ampo	fragmentos de qz drúzico	
184	771801	1365804	roca silicificada	rx si		
185	771942	1366451	cuaternario	Qr	fragmentos de rx si/ampo	
186	772047	1366681	roca silicificada	rx si		
187	771046	1367684	andesita porfírica	ampo	hipabisal	
188	770806	1368104	andesita porfírica	ampo	hipabisal	
189	770879	1368431	roca silicificada	rx si	lineamiento - veta	
190	770078	1368262	roca silicificada	rx si	lineamiento - veta	Rb N20W
191	769691	1367713	andesita porfírica	ampo		
192	768604	1367382	andesita porfírica	ampo		
193	767397	1366999	andesita porfírica	ampo		
194	766455	1367194	andesita porfírica	ampo		
195	765670	1367504	roca silicificada	rx si		
196	762441	1367435	andesita porfírica	ampo		

197	760760	1367031	cuarzo	qz	lineamiento - veta	Rb N35E
198	760552	1366503	andesita porfírica	anpo		
199	759514	1366049	andesita porfírica	anpo		
200	758761	1365148	basalto	ba		
201	757824	1365050	basalto	ba		
202	757402	1364894	basalto	ba		
203	756858	1364728	basalto	ba		
204	756209	1365287	basalto	ba		
205	755991	1367173	roca silicificada	rx si		
206	756505	1367188	rocas sedimentarias	sed	lutita y arenisca	falla Rb N45E/ Rb N42W Bz 2SW
207	756841	1367986	roca silicificada	rx si		
208	757396	1368313	arenisca	ss		
209	757985	1368380	basalto - andesita	ba - and		
210	758818	1368508	roca silicificada	rx si	madera fósil	
211	759291	1368652	basalto	ba	madera fósil	
212	760020	1368638	roca silicificada	rx si		
213	760550	1368587	roca silicificada	rx si		
214	761056	1368096	cuaternario	Qr		
215	766163	1368596	cuarzo	qz	lineamiento - veta	Rb E - W Bz N
216	766424	1368978	arenisca	ss		Rb N71E Bz 9SE
217	766858	1369400	basalto - andesita	ba - and		falla Rb N60E
218	767117	1369897	columna estratigráfica	sed		Rb N68E Bz 15NW
219	768110	1370709	roca silicificada	rx si		
220	768820	1371039	arenisca	ss		
221	769135	1371575	roca silicificada	rx si		
222	770046	1372468	roca silicificada	rx si	madera fósil	
223	770208	1372333	roca silicificada	rx si	presenta fósiles	
224	769944	1371162	roca silicificada	rx si		

225	769026	1369720	roca silicificada	rx si	
226	768578	1369956	roca silicificada	rx si	
227	767921	1368866	basalto - andesita	ba - and	
228	769635	1379126	toba lítica	tul	
229	769645	1379820	toba lítica	tul	
230	769130	1380061	toba lítica	tul	falla Rb N50E
231	767445	1383002	toba lítica	tul	
232	767678	1382593	toba lítica	tul	
233	767957	1381384	toba lítica	tul	
234	768153	1381007	toba aglomerádica	tu ag	
235	769435	1380936	toba lítica	tul	
236	770249	1380739	toba aglomerádica	tu ag	
237	771312	1380671	toba aglomerádica	tu ag	
238	770631	1380588	toba lítica	tul	
239	770121	1380230	toba lítica	tul	
240	771001	1378512	toba lítica	tul	
241	750421	1382485	cuaternario	Qal	
242	749718	1382130	cuaternario	Qal	
243	748819	1382361	cuaternario	Qal	
244	748450	1382476	cuaternario	Qal	
245	747857	1382016	cuaternario	Qal	
246	746979	1381972	cuaternario	Qal	
247	746011	1381411	cuaternario	Qal	
248	745296	1381244	cuaternario	Qal	
249	747811	1367815	andesita porfirítica	anpo	
250	747004	1367778	andesita porfirítica	anpo	
251	746414	1367211	andesita porfirítica	anpo	
252	746391	1366620	andesita porfirítica	anpo	
253	747009	1366381	basalto	ba	

254	747392	1365792	basalto	ba		
255	747001	1365491	basalto	ba		
256	746682	1365201	basalto	ba		
257	746814	1364900	basalto	ba		
258	747950	1364888	roca silicificada	rx si		
259	748614	1364770	basalto	ba		
260	749296	1365111	basalto - andesita	ba - and		
261	749701	1365392	basalto - andesita	ba - and		
262	750219	1365414	andesita	and		
263	750615	1365170	roca silicificada	rx si		
264	771400	1374602	toba lítica	tul		
265	771000	1374802	toba lítica	tul		
266	770810	1375211	toba lítica	tul		
267	770411	1375501	toba lítica	tul		
268	770001	1375400	toba lítica	tul		
269	769550	1375719	toba aglomerádica	tu ag		
270	769009	1375810	toba aglomerádica	tu ag		
271	768019	1376001	toba lítica	tul		
272	768799	1376780	toba lítica	tul		
273	769158	1377019	toba lítica	tul		
274	769369	1377496	aglomerado	ag		
275	768030	1377691	toba aglomerádica	tu ag		
276	768391	1377701	toba aglomerádica	tu ag		
277	767090	1377819	toba lítica	tul		
278	769266	1378091	toba lítica	tul		
279	767823	1378260	toba lítica	tul		
280	767499	1377916	toba aglomerádica	tu ag		
281	767491	1378490	toba aglomerádica	tu ag		
282	767301	1378717	toba lítica	tul		

283	767190	1378816	toba lítica	tul		
284	766710	1379300	toba aglomerádica	tu ag		
285	766417	1379506	toba lítica	tul		

ANEXO 5. ANALISIS PETROGRÁFICOS

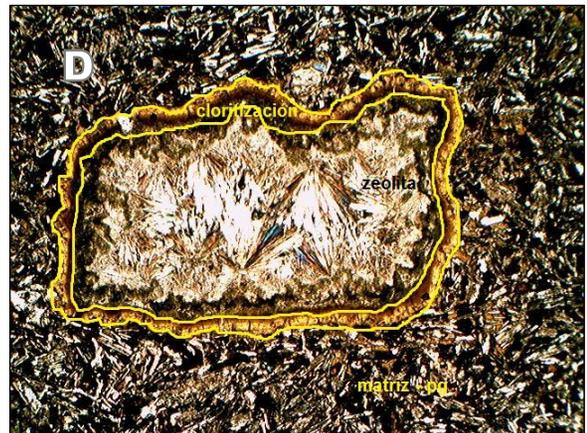
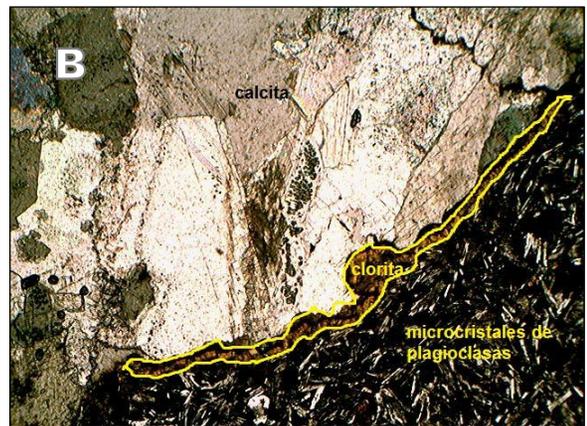
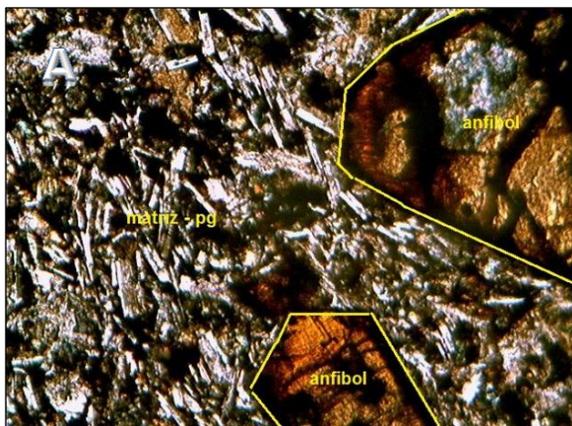
Análisis petrográfico: 1

Código de Campo: RP - 33

Ubicación: N 1377200 - E 752160

Nombre de campo: basalto – andesita

Textura: porfídica - seriada



Nombre de la roca: Andesita: A) fenocristales de anfíbol inmersos en una matriz conformada por microcristales de plagioclasas. Aumento 10x B) Fractura rellena por calcita con bordes cloritizados. C) Clivaje característico de la calcita la cual rellena fracturas en la roca. Aumento 10x. D) Vesículas rellenas por zeolitas con bordes cloritizados. Aumento 5x.

Composición mineralógica:

Plagioclasas: como fenocristales conforman un 10% de la muestra, son de aspecto subhedral y en ocasiones están siendo transformados a minerales arcillosos

Anfíboles: constituyen un 5 % de la roca, presentan formas prismáticas, se encuentran como fenocristales en la muestra.

Máficos: estos constituyen el 15 % de la muestra los que han sido sustituidos casi en su totalidad por alteraciones de hematita y clorita.

Matriz: conforma el 60% de la roca y está constituida por una mezcla de microcristales de plagioclasas y minerales máficos. Foto A

Fracturas: constituyen el 6 % de la muestra, las cuales están rellenas por carbonato de calcio (calcita) y sus bordes están afectados por alteraciones de clorita. Foto B y C

Vesículas: conforman un 4%, están rellenas de zeolitas, sus bordes están afectados por clorita, inmersos en una matriz de microcristales. Foto D

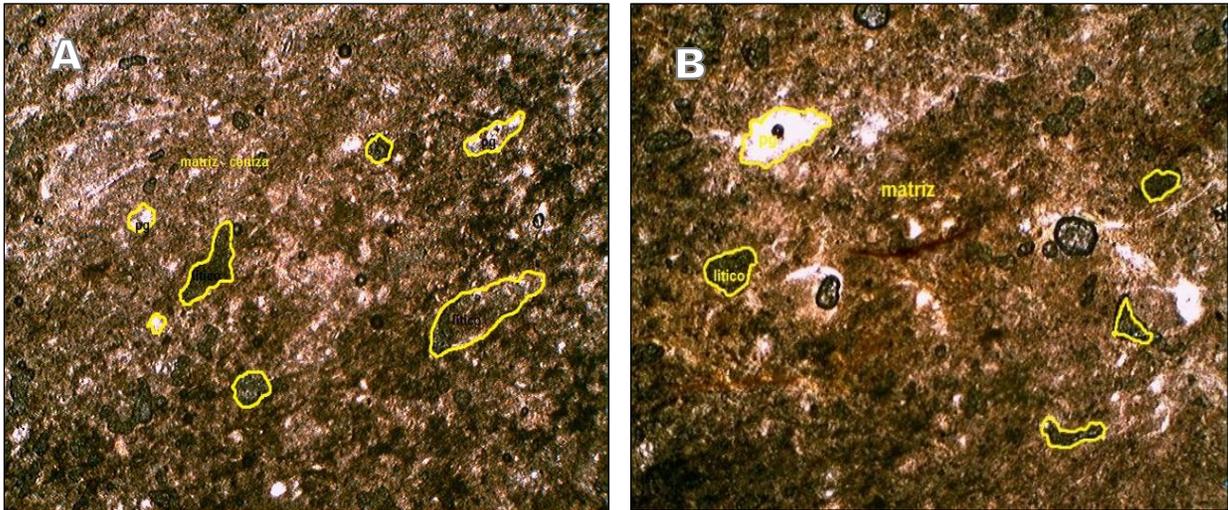
Análisis petrográfico: 2

Código de Campo: RP – 36

Ubicación: N 1379627 – E 758825

Nombre de campo: toba aglomerádica

Textura: vitreoclástica



Nombre de la roca: Toba vitreoclástica: A) Fragmentos líticos de composición basáltica – andesítica en una matriz de vítrea con estructura fluidal. Aumento 5x. B) Líticos de rocas angulosos y sub-angulosos y fragmentos de plagioclasas inmersos en la matriz de la roca. Aumento 5x

Composición Mineralógica:

Plagioclasas: conforman un 5% de la roca, se observan como microcristales aliotromórficos, y en ocasiones muy alterados a minerales arcillosos. Foto B

Líticos: constituyen un 7% en la roca, son de origen basáltico – andesítico, son de líticos juveniles de formas angulosas y sub-angulosas. Fotos A y B.

Matriz: conforma en 85% de la muestra, la cual esta constituida por vidrio volcánico, presentando una estructura fluidal. Fotos A y B.

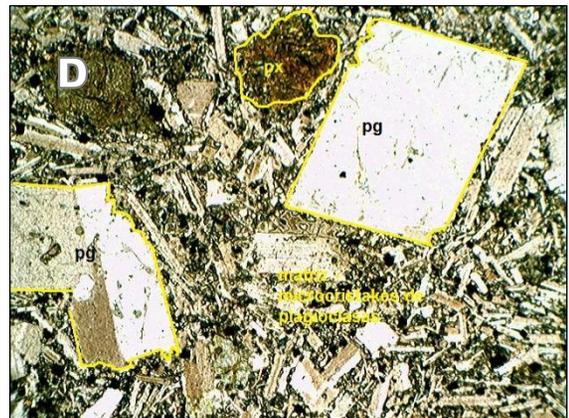
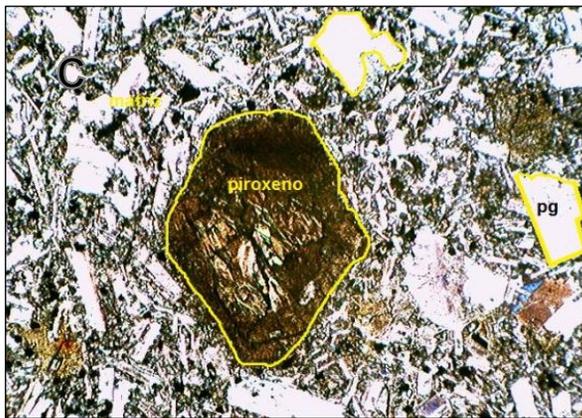
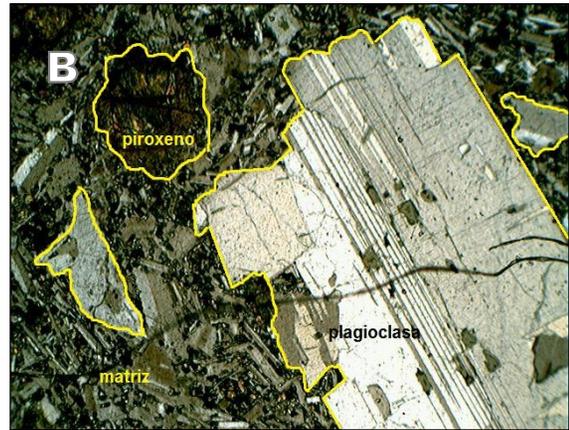
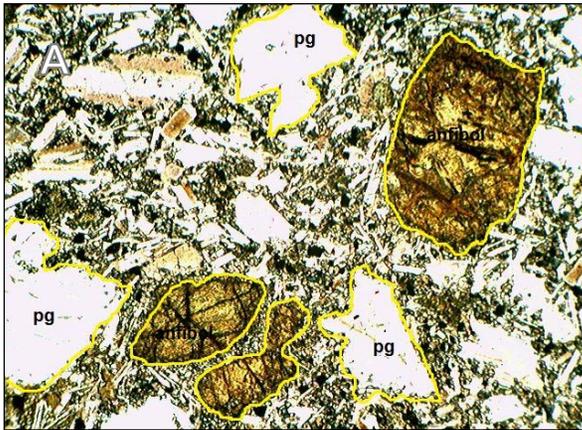
Análisis petrográfico: 3

Código de Campo: RP - 51

Ubicación: N 1375688 – E 756086

Nombre de campo: andesita

Textura: Porfídica – seriada



Nombre de la roca: Andesita: A) Fenocristales de plagioclasas y anfóboles inmersos en la matriz de la muestra. Aumento 10 x. B) Cristales de Plagioclasas (subhedral) y piroxenos (cristales anhedral). Aumento 10 x. C) Piroxeno corroído y cristales de plagioclasas en la matriz de la roca. Aumento 5 x. D) Matriz general de la roca, constituida por microcristales de plagioclasas y fenocristales de piroxeno y plagioclasas.

Composición mineralógica:

Plagioclasas: constituyen en la roca el 30% de la muestra, representadas en fenocristales del tipo Anortoclasa (foto B) y sanidina (foto D), de formas cristalinas subhedrales y anhedrales

Anfíboles: constituyen el 10 % de la muestra, se encuentran con forma cristalina subhedral. Foto A

Piroxenos: constituyen el 7% de la roca, estos se encuentran corroídos, sin formas cristalinas o totalmente cristales anhedrales. Foto C.

Matriz: conforma en 53 % de la roca, compuesta por microlitos o microcristales de plagioclasas y minerales máficos, la cual se encuentra levemente alterada por clorita. Fotos A, B, C y D.

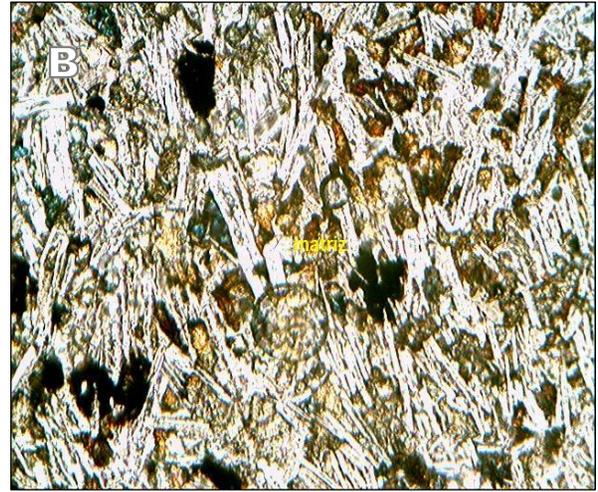
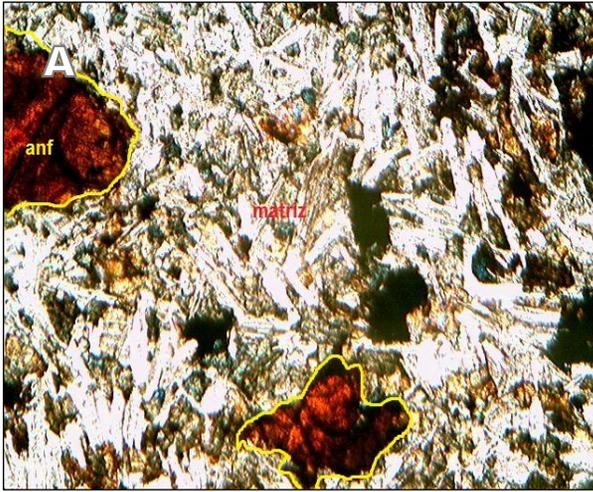
Análisis petrográfico: 4

Código de Campo: RP - 67

Ubicación: N 1374123 – E 745423

Nombre de campo: basalto - andesita

Textura: Traquitica – pilotaxítica



Nombre de la roca: basalto: A) Fenocristales anhedrales de anfíboles siendo sustituidos por hematita, en una matriz conformada por microcristales subhedrales de plagioclasas y algunos máficos. Aumento 5x. B) textura porfídica de la roca, constituidos por microcristales alrededor de fenocristales componentes de la roca. Aumento 10x.

Composición mineralógica:

Plagioclasas: constituyen un 10% de la roca, son de formas subhedrales y anhedrales debido al alto grado de meteorización de la roca, algunas de estas plagioclasas están siendo transformadas a minerales arcillosos.

Minerales máficos: constituyen el 20 % de la roca y se encuentran de formas prismática cortas, siendo su cristalinidad anhedral, estos fenocristales constituidos por anfíboles y piroxenos se encuentran con alto grado de hematización.

Matriz: conforma la mayor parte de la roca siendo esta un 70% constituida por microlitos de plagioclasas y microcristales de anfíboles y piroxenos algunos hematizados y cloritizados.

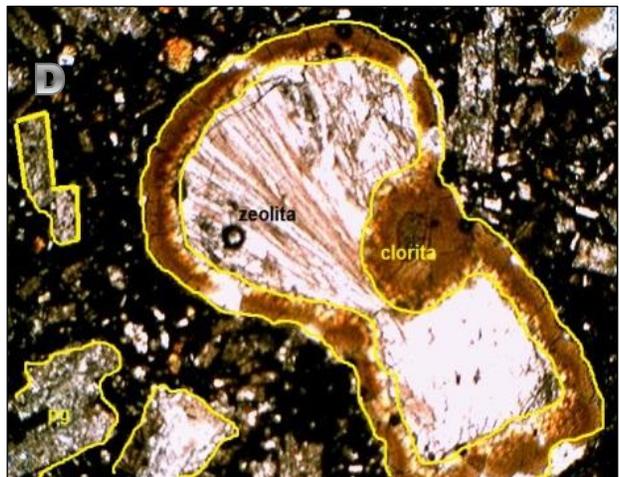
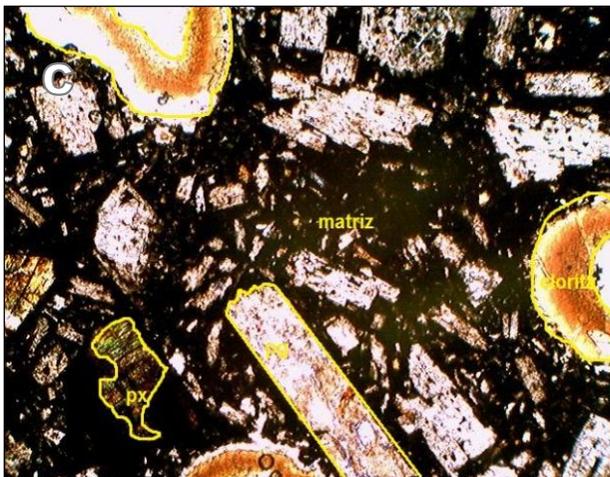
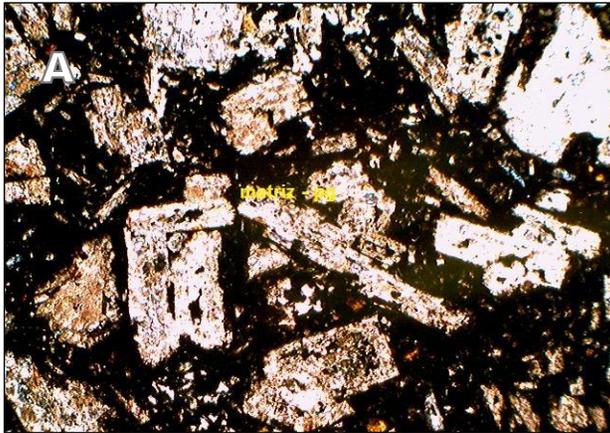
Análisis petrográfico: 5

Código de Campo: RP - 68

Ubicación: N 1374021 – E 744927

Nombre de campo: basalto

Textura: porfídica – vitrofírica



Nombre de la roca: basalto: A) Matriz general de la roca, en la cual las plagioclasa se encuentran en proceso de transformación a minerales arcillosos. Aumento 5x. B) Fenocristales constituyentes de la muestra, en los que se observan los bordes corroídos de las plagioclasas no denotando caras cristalinas y fenocristales de piroxenos anhedrales. Aumento 10x. C) fenocristal euhedral de plagioclasa inmerso en la matriz de la roca. Aumento 5x. D) Vesícula con bordes manchados por clorita y en su interior rellenos por zeolitas. Aumento 10x.

Composición mineralógica:

Esta roca presenta alto grado de meteorización en su composición mineralógica en la que se aprecian altos grados de hematización, cloritización y la transformación de minerales principales como las plagioclasas a minerales arcillosos.

Plagioclasas: constituyen el 40% de la muestra, son observables como cristales de formas prismáticas alargadas denotando cristales euhedrales y anhedrales, estos últimos muy alterados a minerales arcillosos. Fotos A y C.

Piroxenos: conforman unos 15% de la muestra, representados como formas prismáticas cortas de bordes corroídos, estos minerales en su mayoría son afectados por alteraciones de hematita y clorita. Foto B

Anfiboles: constituyen el 5% de la roca, son de formas prismáticas largas y de aspectos subhedrales, y con alteraciones de hematita.

Micas: conforman un 5% de la muestra, representadas por biotitas, de igual forma alteradas por minerales de clorita.

Matriz: Constituye el 30% de la roca, conformada por microlitos de plagioclasa, algunos opacos y vidrio volcánico.

Vesículas: constituyen un 5% de la muestra, los bordes de estas se encuentran afectados por alteraciones de clorita y en su interior están rellenas de zeolitas fibrosas. Foto D.

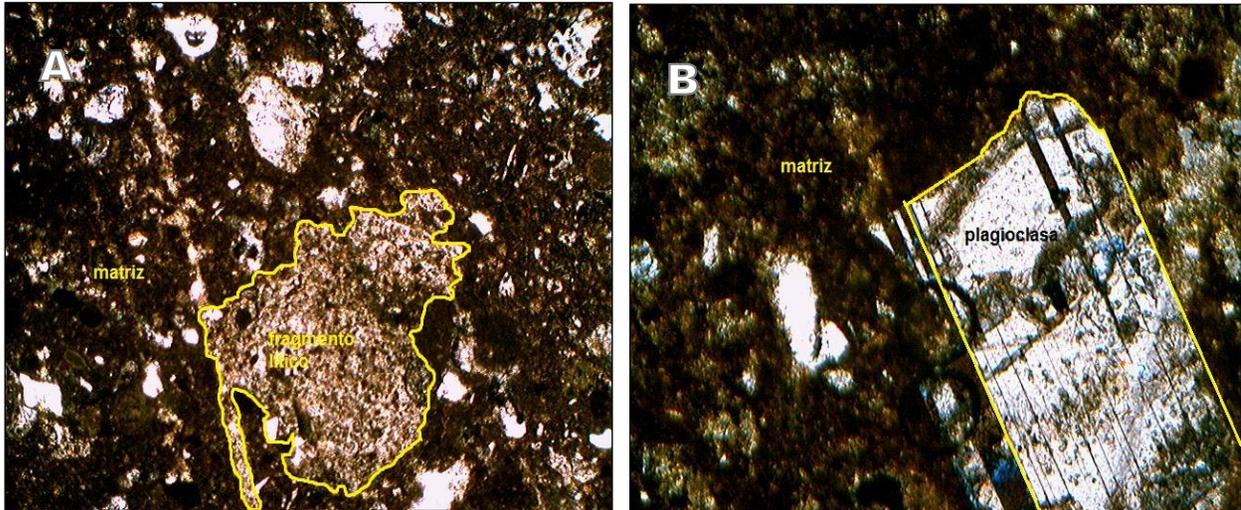
Análisis petrográfico: 6

Código de Campo: RP - 91

Ubicación: N 1371725 – E 750552

Nombre de campo: toba lítica

Textura: vitreocristaloclástica



Nombre de la roca: toba andesítica: A) Fragmentos líticos de rocas angulosos y sub-angulosos inmersos en la matriz de la roca. Aumento 5x. B) cristales de plagioclasas (anortoclasa) inmersos en una matriz conformada mayoritariamente por vidrio volcánico y microcristales de plagioclasas.

Composición mineralógica:

Plagioclasas: conforman un 20% de la muestra, se observan alteradas a minerales arcillosos, pero aún se logran distinguir algunos que mantienen sus formas cristalinas denotando cristales euhedrales y subhedrales los que denotan claramente su clivaje. Foto B.

Líticos: conforman el 30% de la muestra, son de formas angulosas y sub-angulosas, son de composición básica los cuales son fragmentos líticos juveniles. En ellos son notables microlitos de plagioclasas. Foto A.

Matriz: conforma el 40% de la muestra, compuesta por vidrio volcánico y microcristales de plagioclasas. Fotos A y B.

Vesículas: en la roca constituyen un 7%, se encuentran vacías y distribuidas irregularmente en la muestra.

Fracturas: constituyen un 3% en la muestra, aparecen rellenas de carbonato de calcio.

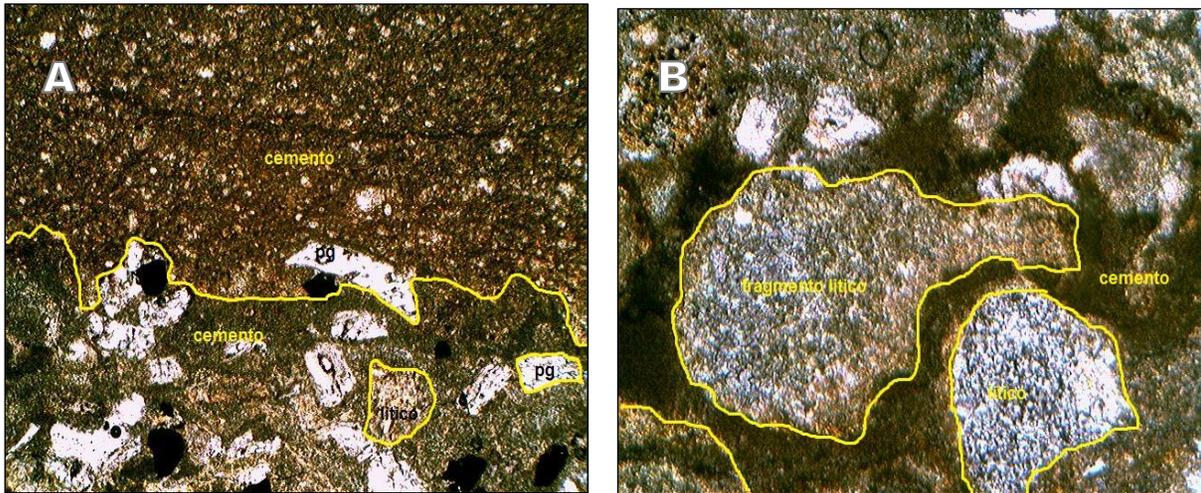
Análisis petrográfico: 7

Código de Campo: RP - 92

Ubicación: N 1371707 – E 750710

Nombre de campo: arenisca

Textura: clástica



Nombre de la roca: arenisca: A) contacto litológico entre una arenisca de granulometría media que infrayace a una arenisca de granulometría muy fina. Aumento 5x. B) clastos de formas redondeadas y sub-redondeadas presentes en la porción de arenisca. Aumento 10x.

Composición mineralógica:

en esta muestra se encuentra un contacto litológico entre una arenisca, el cual corresponde a un cambio de facie (Foto A), las cuales se describieron por separado.

Arenisca de granulometría media:

Líticos: conforman el 50% de la roca, poseen formas redondeadas y sub-redondeadas y en ocasiones sub-angulosas, los cuales son de composición acida. Foto B.

Plagioclasas: constituyen el 15% de la roca, se observan como cristales de aspecto subhedral y anhedral y en ocasiones solo se logra observar relictos de estos.

Cuarzo: conforma un 5% en la muestra, se encuentra pobremente distribuido en la roca y se presenta en forma redondeada.

Cemento: conforma el 30% de la roca, está compuesto por fragmentos de vidrio volcánico y carbonato de calcio.

Arenisca de granulometría fina:

Líticos: conforman el 50% de la roca, los cuales poseen formas sub-angulosas y sub-redondeadas. Foto A.

Cuarzo: conforma el 15% de la muestra, representando en microcristales sub-angulares.

Cemento y arcilla: constituye el 35% de la roca, conformado por carbonato de calcio, en el que su porosidad es casi nula.

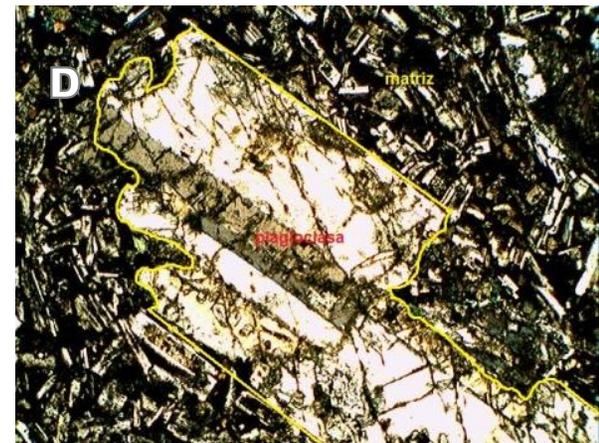
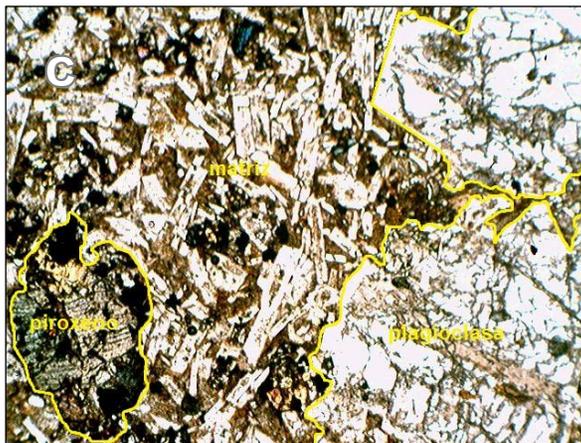
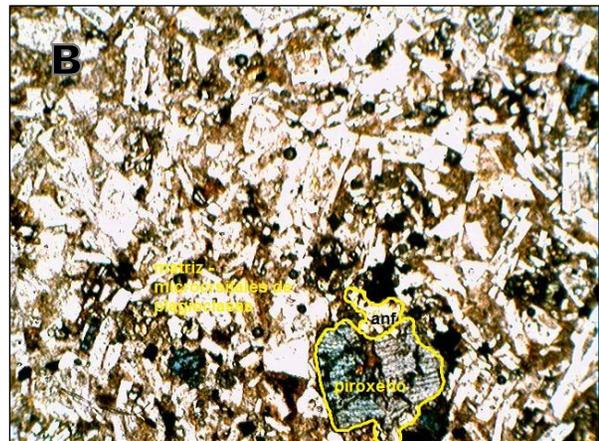
Análisis petrográfico: 8

Código de Campo: RP - 118

Ubicación: N 1380314 – E 748792

Nombre de campo: basalto (dique)

Textura: porfídica – intersectal



Nombre de la roca: basalto: A) matriz general de la roca conformada por microlitos de plagioclasas y minerales máficos. Aumento 5x. B) Fenocristales de piroxeno y anfíbol inmersos en la matriz de la roca. Aumento 5x. C) fenocristales de plagioclasas de aspectos anhedrales y clinopiroxeno de aspecto anhedral. Aumento 10x. D) Cristal de plagioclasa con caras cristalinas (subhedral) rodeado de microlitos de plagioclasas. Aumento 10x.

Composición mineralógica:

Plagioclasas: constituyen el 30% de la muestra, aparecen como cristales de aspectos subhedrales y anhedrales. Fotos C y D

Anfíboles: constituyen el 8% de la roca, se observan como cristales de formas prismáticas que poseen un aspecto subhedral, algunos de sus bordes están corroídos.

Piroxenos: conforman el 10% de la roca, representado por clinopiroxenos, de formas prismáticas cortas de aspectos subhedrales. Fotos B y C.

Matriz: conforma el 52 % de la roca, está compuesta por una mezcla de microlitos de plagioclasas, piroxenos, anfíboles y opacos, se encuentra afectada por alteraciones de hematita. Foto A.

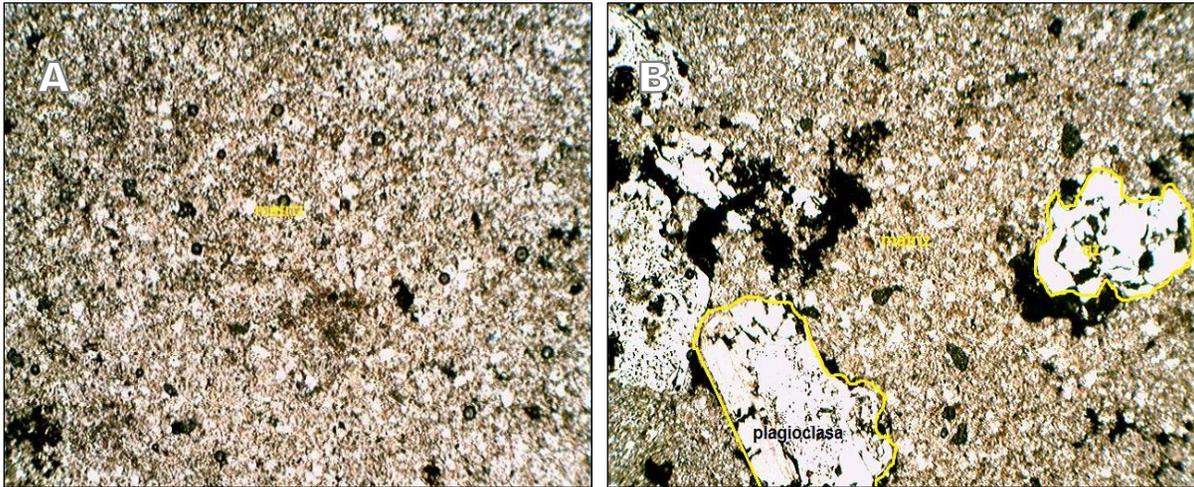
Análisis petrográfico: 9

Código de Campo: RP - 133

Ubicación: N 1367326 - E 752085

Nombre de campo: Dacita

Textura: felsítica – **textura matriz:** microcristalina



Nombre de la roca: Dacita: A) Matriz microcristalina de la roca. Aumento 5x. B) Fenocristales de plagioclasas y cuarzo inmersos en una matriz microcristalina.

Composición mineralógica:

Plagioclasas: constituyen el 15% de la muestra, se encuentran como prismas alargados de aspectos subhedrales.

Cuarzo: conforman el 10% de la roca, se presenta de formas anhedrales dispersos en la muestra. Es característico observar en estos fenocristales bordes de reabsorción.

Matriz: constituye el 60% de la muestra, esta conformada por microcristales de plagioclasas, vidrio volcánico y algunas vesículas.

Minerales máficos: conforman un 20% de la roca, se aprecian sustituidos por hematita y en algunos casos solo se logran observar relictos del mineral.

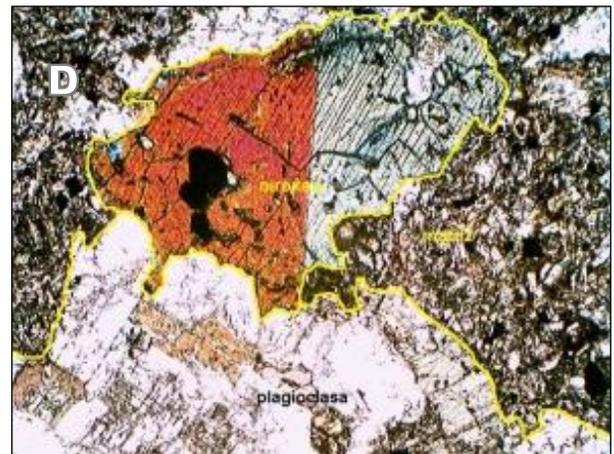
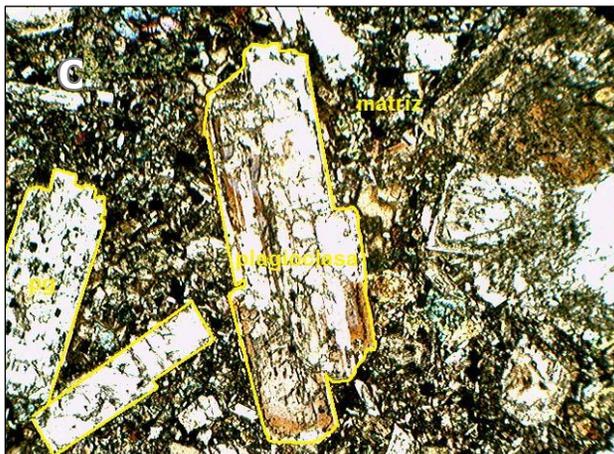
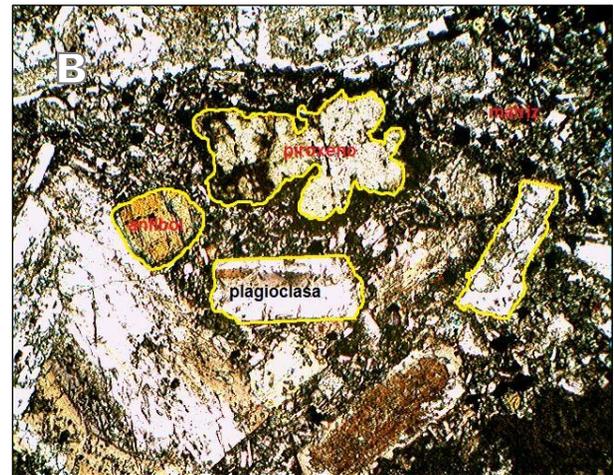
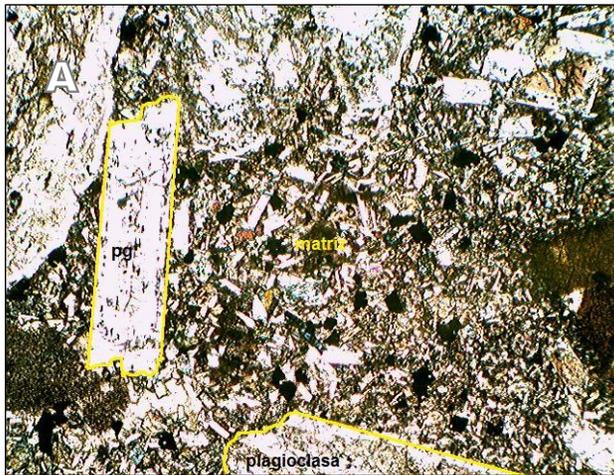
Análisis petrográfico: 10

Código de Campo: RP - 191

Ubicación: N 1367713 - E 769691

Nombre de campo: andesita porfírica

Textura: Porfídica



Nombre de la roca: Andesita: A) Matriz pórfida de la roca en la que se observan fenocristales tales como plagioclasas. Aumento 5x. B) Fenocristales de plagioclasas, anfíboles y piroxenos inmersos en una matriz de microlitos de los mismos minerales. Aumento 5x. C) Fenocristales de plagioclasas de aspectos subhedrales. Aumento 5x. D) cristal de piroxeno corroído por hematita con minerales incluido y cristales de plagioclasas anhedrales. Aumento 10x.

Composición mineralógica:

Plagioclasas: conforman el 35% de la muestra, se encuentran como cristales subhedrales y anhedrales en su mayoría del tipo andesina, estos fenocristales se encuentran corroídos sus bordes o afectados por alteraciones de hematita y clorita. Fotos C y D.

Anfíboles: constituyen el 15% de la muestra, en su mayoría se encuentran afectados por clorita y se presentan de formas prismáticas cortas de aspectos subhedral. Foto B.

Piroxeno: conforman el 20% de la roca, se encuentran de aspectos subhedrales los que forman prismas cortos, están muy afectados principalmente por alteraciones de hematita. Foto D

Matriz: Constituye el 30% de la muestra y es una mezcla de microlitos de plagioclasas, anfíboles y piroxenos los cuales se encuentran muy afectados por clorita y en algunos casos solo se observan relictos del mineral. Foto A.

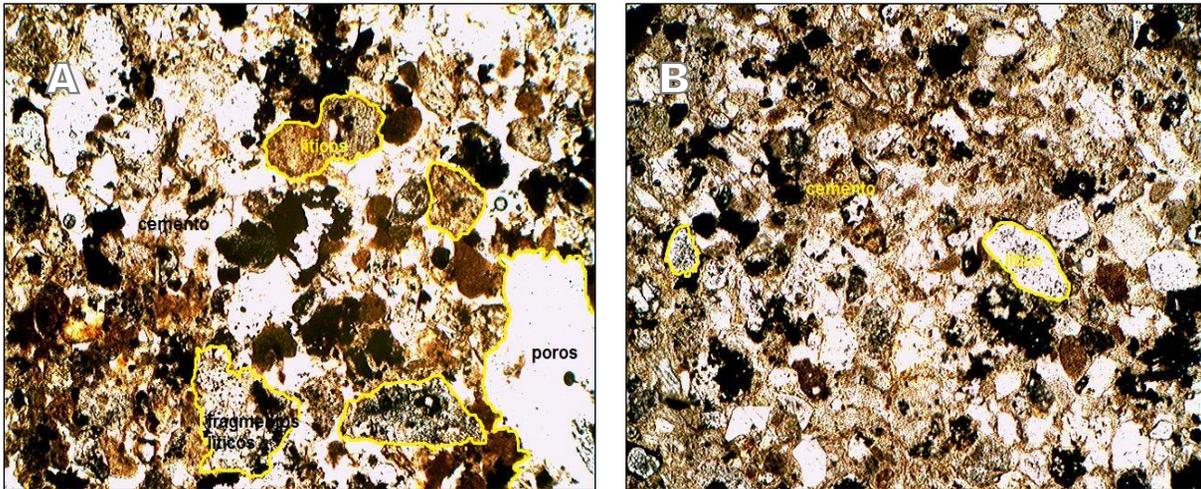
Análisis petrográfico: 11

Código de Campo: RP - 208

Ubicación: N 1368313 – E 757396

Nombre de campo: arenisca

Textura: clástica



Nombre de la roca: arenisca tobácea de grano medio: A) Fragmentos líticos angulosos inmersos en el material cementante de la muestra. Aumento 5x. B) Cemento característico de la roca, en la que se observan fragmentos líticos y poros o espacios vacíos. Aumento 5x.

Composición mineralógica:

Líticos: constituyen un 30% de la muestra, son de composición acida y de formas angulosas y sub-angulosas. Foto A

Cuarzo: conforma el 10% de la muestra, aparecen de formas redondeadas.

Cemento: conforma el 35% de la muestra, está conformado por carbonato de calcio, microcristales de plagioclasas transformados a minerales arcillosos y algunos afectados por clorita. Foto B.

Poros: constituyen el 25% de la muestra, aparecen distribuidos en toda la muestra.

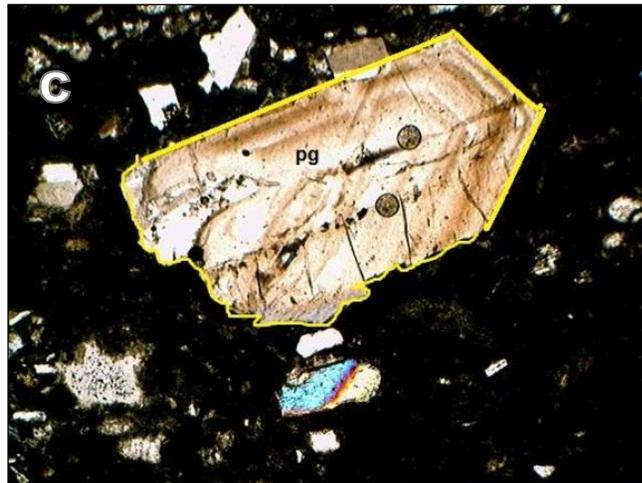
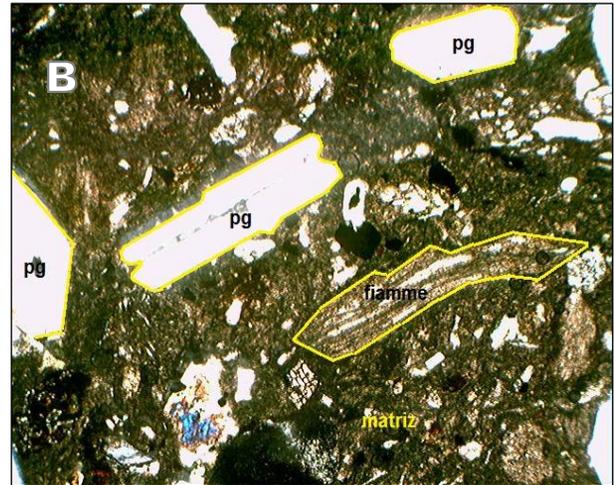
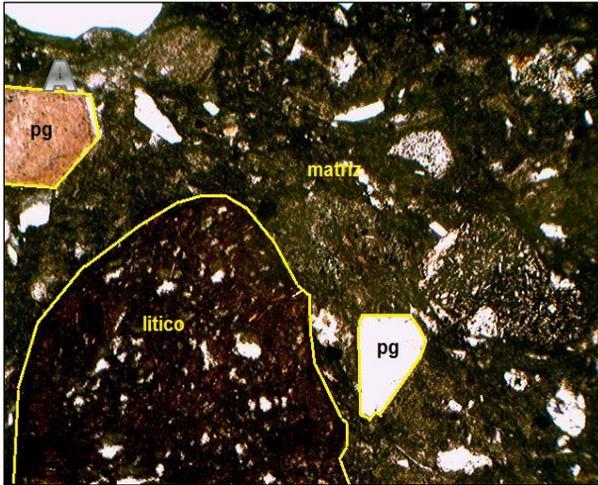
Análisis petrográfico: 12

Código de Campo: RP - 233

Ubicación: N 1381384 – E 767957

Nombre de campo: Toba lítica

Textura: Cristaloclástica



Nombre de la roca: toba andesítica: A) Fragmentos líticos y cristales de plagioclasas inmersos en vidrio volcánico (matriz de la roca). Aumento 5x. B) Cristales euhedrales y subhedrales de plagioclasas y estructura de fiammes en la roca. Aumento 5x. C) Cristal subhedral de plagioclasa zonado y maclado. Aumento 10x.

Composición mineralógica:

Líticos: conforman el 20% de la muestra, son de formas angulosas y redondeadas los que son de composición intermedia. Foto A.

Plagioclasas: constituyen el 25% de la muestra, se observan como cristales de formas prismáticas largas de aspectos euhedrales y subhedrales, algunos con bordes corroídos por clorita y otros maclados y zonados. Fotos A, B y C.

Piroxenos: conforman el 5% de la muestra, se observan de formas prismáticas cortas y sus bordes o caras cristalinas se encuentran corroídos por minerales de clorita y hematita.

Matriz: constituye el 50% de la muestra y está compuesto por una mezcla de vidrio volcánico mayoritariamente y microlitos de plagioclasas y estructuras de fiammes en la roca. Foto A y B.

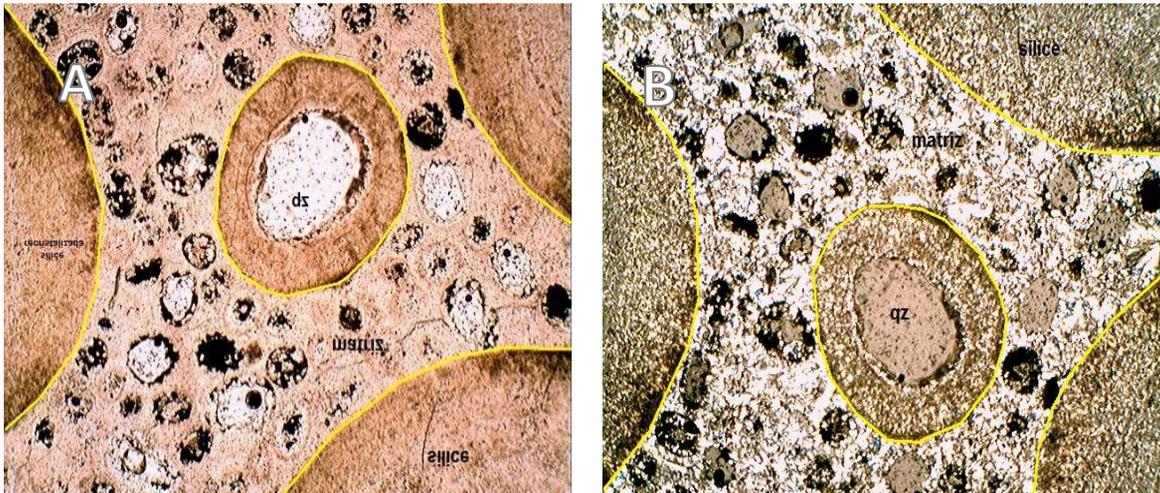
Análisis petrográfico: 13

Código de Campo: RP - 1

Ubicación: N 1382740 – E 758900

Nombre de campo: Silicita

Textura: esferulítica – microcristalina



Nombre de la roca: sedimento esferulítico silicificado: A) Esferulitas rellenas por cuarzo y sílice amorfo en una matriz de misma composición. Nicoles paralelos. Aumento 5x. B) Esferulitas constituidas por agregado de sílice, nicoles cruzados. Aumento 5x.

Composición mineralógica:

Sílice amorfa: constituyen el 65% de la muestra, se observan como minerales agregados donde el feldespato potásico está representado por el mineral microclina y sílice amorfa. Fotos A y B.

Matriz: constituye el 25% de la roca y es una agregado de feldespato potásico y sílice amorfa.

Vesículas: constituyen el 10% de la muestra, se encuentran sin material de relleno, dispersas por toda la muestra.