



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**

UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
GEOLÓGO**

**“CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA HOJA TOPOGRÁFICA CERRO VERDE
ESCALA 1: 50, 000”**

AUTOR: MARÍA ALEXANDRA CASTRO DOMÍNGUEZ

TUTORA:

MSc. GEMA VELÁSQUEZ

ASESORA:

ING. SONIA PÉREZ VEGA

MANAGUA, JULIO 2017

RESUMEN

El área de estudio se ubica en los municipios de Waslala, Mulukukú, Río Blanco y Paiwas, que pertenecen a las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Norte y Sur y el Departamento de Matagalpa, tiene como propósito la realización de una cartografía geológica que servirá para la documentación geológica de Nicaragua.

Este estudio se basó en la realización de un mapa geológico a escala 1:50 000 de la Hoja Topográfica Cerro Verde 3155 – I , en el área se observó que afloran cinco unidades litológicas, correspondientes a rocas del Grupo Matagalpa y Pre – Matagalpa, representadas por rocas de origen volcánico y depósitos recientes: como lo son el grupo Pre – Matagalpa del cual corresponde el Grupo Río Saiz, subdividido en dos Unidades y la Formación Kuikuinita; el grupo Matagalpa y los depósitos cuaternarios subdivididos en cuaternario aluvial y residual.

Se llevó a cabo la realización del dibujo de la columna litoestratigráfica, colocando en orden por edad desde la más antigua a la más reciente todas las unidades litológicas del área y la elaboración de secciones delgadas para corroborar que las descripciones macroscópicas de las rocas encontradas en el campo tuvieran una descripción microscópica correcta para la delimitación de las unidades litológicas.

En el área estudiada, estructuralmente se encuentra representada por tres sistemas de fallas, el sistema Norte – Sur, Noreste – Suroeste y Noroeste – Sureste; geomorfológicamente fue dividida en 7 unidades de acuerdo a su morfología y características fisiográficas las cuales son: unidades de llanuras aluviales, unidad de terrenos peniplanizados con colinas onduladas y aisladas, unidad de terrenos de colinas agrupadas y disectadas unidad de cráteres y calderas, unidad de serranías con crestas alineadas, unidad de terrenos semiabruptos con flexiones moderadas y la unidad de terrenos abruptos escarpados y de fuertes flexiones.

Se realizó un perfil geológico en lo que se detalla todos los elementos que constituyen el mapa geológico, para verificar e interpretar la yacencia de los contactos y de las estructuras geológicas.

A ti, Gracias a tu comprensión, apoyo y paciencia durante este tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda y orientación de mi tutora y asesora.

Deseo agradecer a la Dirección General de Minas – Dirección de Investigación Geológica por toda la información brindada y a Msc. Nelson Buitrago por todo el apoyo en este estudio.

Del mismo modo quiero agradecer a mis amigos Carolina Montano, Jimmy Meyer y Sonia Pérez por las etapas de campos realizadas, por sus consejos y ayuda en el mismo estudio. A Víctor González, Melissa Alemán y Miguel Guevara por su apoyo y paciencia que tenían hacia a mi cuando les pedía ayuda. Deseo agradecer de la misma manera a Martín, que ha sido de gran ayuda, gracias por tus consejos y correcciones en el documento

Mi más sincero agradecimiento a mi madre por la educación recibida, que gracias a ella soy lo que soy.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3.1. Localización	4
1.3.2. Vías de acceso	4
1.5. Planteamiento del problema.....	8
2. DISEÑO METODOLÓGICO	9
2.1. Trabajo de Gabinete.....	9
2.2. Trabajo de campo	9
2.3. Análisis e interpretación de los datos de campo	10
2.3.1. Mapa Geológico.....	10
2.3.2. Mapa Geomorfológico	11
2.3.3. Mapa Estructural.....	11
2.3.4. Mapa de Afloramientos o de Puntos de Muestreo	11
2.4. Materiales utilizados.....	12
3. MARCO GEOTECTÓNICO REGIONAL	13
3.1. Geología Regional.....	15
3.2. Fisiografía	22
3.2.1. Relieve.....	22
3.2.2. Declive	22
3.2.3. Drenaje	23

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	24
4.1. Geomorfología	24
4.1.1. Unidad de llanuras aluviales	24
4.1.2. Unidad de terrenos peniplanizados con colinas onduladas y aisladas ..	25
4.1.3. Unidad de terrenos de colinas agrupadas y disectadas	26
4.1.4. Unidad de estructuras semicirculares.....	27
4.1.5. Unidad de serranías con crestas alineadas	27
4.1.6. Unidad de terrenos semiabruptos con flexiones moderadas	28
4.1.7. Unidad de terrenos abruptos, escarpados y de fuertes flexiones.	28
4.2. Geología Local y Estratigrafía	30
4.2.1. Grupo Río Saiz	30
4.2.2. Grupo Matagalpa (Tomm)	35
4.2.3. Unidad de los depósitos cuaternarios.....	37
4.2.4. Columna Estratigráfica Generalizada	40
4.3. Geología Estructural.....	42
4.3.1. Sistema de falla Norte – Sur.....	42
4.3.2. Sistema de falla Noroeste – Sureste	44
4.3.3. Sistema de falla Noreste – Suroeste	45
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones.....	48
5.2. Recomendaciones.....	49

1. INTRODUCCIÓN

La realización de un mapa geológico es importante para el enriquecimiento y actualización de la cartografía geológica del territorio nacional nicaragüense, debido a que la misma cubre únicamente el 60%, existiendo entonces 174 del total de 265 mapas geológicos que faltan por completar: 138 confeccionados antes de 1990 por el Servicio Geológico Nacional (SGN) y 36 confeccionados en el período 2008 – 2016, por el Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Minas (MEM – DGM, fuente del mismo).

En el actual documento, seminario de graduación, se ha realizado el cartografiado geológico de Cerro Verde (hoja topográfica, serie 3155 – I), escala regional 1: 50 000, cubre un área total de 500 km². Ubicado en el Centro Este de Nicaragua, en las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Norte (RACCN), de la Costa Caribe Sur (RACCS) y el Departamento de Matagalpa (entre los Municipios de Waslala, Mulukukú, Paiwas y Río Blanco).

El mapa geológico en escala regional (1:50,000) el cual incluye: perfil geológico, columna litoestratigráfica; unidades geomorfológicas, estructuras geológicas y contactos geológicos.

La metodología empleada para la elaboración de este estudio se realizó en tres etapas principales: la del trabajo de gabinete que consistió en toda la información existente en el área, en la del trabajo de campo, que consistió en el levantamiento geológico y la última etapa en el análisis e interpretación de datos dando como resultado a que afloran cinco unidades litológicas, siete unidades geomorfológicas y tres sistemas de fallas detallados todos en su capítulo correspondientes.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Realizar la Cartografía Geológica de la hoja topográfica Cerro Verde a escala 1:50 000.

1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar los elementos estructurales como fallas, fracturas y lineamientos.
- Describir las unidades geomorfológicas.
- Clasificar las unidades litológicas del área de estudio.
- Realizar secciones delgadas para la delimitación de las unidades litológicas del área.
- Elaborar un perfil geológico en lo que se detalle la topografía del terreno, la base litológica y los elementos estructurales.

1.2. Justificación

La Costa Caribe ha sido una zona en las cuales el levantamiento geológico a semidetalle a escala 1:50 000 ha sido muy escaso, debido a que los estudios están enfocados a zonas de interés minero como la RACCN, específicamente en los distritos mineros de Rosita, Bonanza, Siuna y Kuikuinita, siendo estos dos últimos cercanos al área de estudio; y en la RACCS de Quisilala y Topacio.

Cabe mencionar que en la zona de estudio existe un estudio geológico, el cual presenta un mapa geológico realizado en base de fotointerpretación en la cual sirvió para la construcción y diseño de una presa hidroeléctrica y que la información ha sido tomada de las hojas topográficas aledañas, como las de Río Labú 3256-IV, Kuikuinita 3256-III, Lisawe 3255 –IV, Cerro El Oro 3156,II (estas cuatro hojas topográficas pertenecientes al distrito minero de Kuikuinita), Cerro La Sirena 3255-III, Wasayama 3155-II, Waslala 3156-III (perteneciente al área minera de Pavón) y Puerto Viejo 3156-I (área minera de Puerto Viejo).

1.3. Localización y vías de acceso

1.3.1. Localización

El área de estudio corresponde a la hoja topográfica 3155-I Cerro Verde, la cual está comprendido entre las coordenadas UTM N1474000- 1457000 y E690000 – E716000, con una superficie aproximadamente de 500 km², localizado entre los municipios de Río Blanco, Waslala, Mulukukú y Paiwas.

En el área de estudio se encuentran las Comarcas: San José de Dipina, Yukumalí, San Andrés de Boboké, San Antonio de Yarao, Irlán, Suba y Los Baldes; con caseríos de: Bilampí, Bilwás, Sislao, Paraska y Mayawás.

El cuadrante Cerro Verde (3155 – I), se encuentra limitada por las siguientes hojas topográficas:

- Al Norte: Cerro El Oro (3156 – II)
- Al Sur: Wasayama (3155 – II)
- Al Este: Lisawe (3255 – IV)
- Al Oeste: Yaoska (3155 – IV)

1.3.2. Vías de acceso

Al sitio donde se ejecutó el levantamiento geológico se tomaron las siguientes vías de acceso:

- El primer acceso es la carretera Managua – Waslala, tomando el camino de segundo orden hacia las comarcas de San José de Dipina y San Antonio de Yarao para acceder así, a la porción Noroeste y Suroeste de la hoja topográfica.
- El segundo acceso es la carretera Managua – Río Blanco tomando el camino de segundo orden hacia las comarcas San Andrés de Boboké y Yukumalí para acceder así a la porción Centro Norte, Centro y Centro Sur.
- El tercer acceso, es la carretera Managua – Mulukukú, tomando el camino de segundo orden hacia las comarcas Sislao – Paraska y Suba para acceder a la porción Noreste y Sureste del área a estudio.

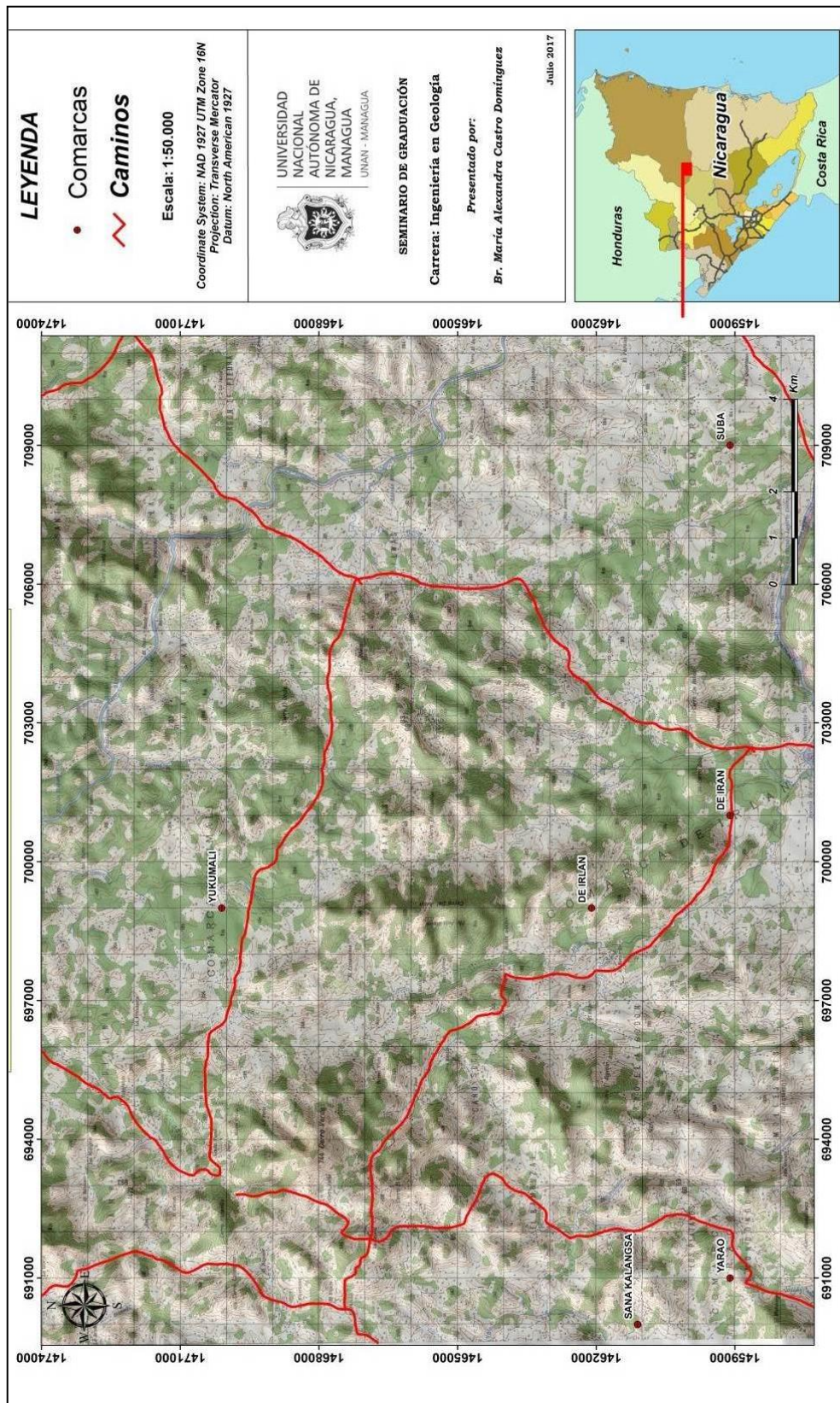


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio

1.4. Antecedentes

La hoja topográfica de Cerro Verde, presenta un mapa geológico realizado a través de fotografías aéreas e imágenes radar en 1982 y estudios geológicos regionales en áreas adyacentes donde se propone que en el área afloran el Grupo Matagalpa y Pre-Matagalpa, estos estudios se consultaron para comprobar la presencia de las formaciones existentes; en la cual se detallan los siguientes:

McBirney and Williams, (1965), Historia Volcánica de Nicaragua, en este documento señala una descripción geológica regional, en donde divide a Nicaragua 4 en provincias geológicas y geomorfológicas, basándose explícitamente en las características litológicas y relieve.

Hunting Geology and Geophysics, (1972), en el documento de la interpretación de las imágenes radar, señala que las rocas volcánicas de área de estudio fueron agrupadas en unidades geomorfológicas y litológicas pertenecientes al Grupo Matagalpa; señala también que las estructuras Noreste, tienen relación con el lineamiento Punta Huete.

Hodgson G., (1982), realiza una geología regional generalizada de los fenómenos lito-estructural de una presa en Boboké- Mojolka y Copalar donde se diferencia dos grupos de roca:

Grupo Pre- Matagalpa, compuesto por cinco unidades;

- La del área de Matiguás (Tema), tratándose de sedimentos lacustres.
- La del Río Wilike (TCrw), compuestos por sedimentos silíceos y lutita roja.
- La del Río Saiz (TCrs), constituida por basalto- aglomerado y lahar.
- La de Río Blanco (TCrb), compuesto por sedimentos laháricos y tobáceos
- La de Mosquitón (TCmo) formada por andesita y tobas

Grupo Matagalpa, compuesto por tobas y sedimentos tobáceos.

Altamirano G. y Hodgson G., (1982), que el levantamiento geológico del área sur adyacente al área de estudio incluye parte de las rocas volcánicas de la provincia central dentro de la serie Pre- Matagalpa y las relacionan con el Grupo Río Saiz del Cretácico Superior.

Venable M., (1994), propuso la existencia del micro bloque tectónico para el área de Siuna cuya prolongación hacia el Oeste abarca el área de estudio, aborda la edad de las rocas volcánicas e intrusivas que dan a Cretácico Superior.

MEM – Dirección General de Minas, (2008), en el informe de la geología de los cuadrángulos de Waslala, Puerto Viejo, Kuikuinita y El Cuá, menciona al Grupo Río Saiz y al Grupo Kuikuinita, que las estructuras y las deformaciones de la roca son estructuras importantes para la localización de la mineralización del sector.

MEM – Dirección General de Minas, (2010), informe de la geología del cuadrante Cerro El Oro, incluye rocas volcánicas de la provincia central dentro de la serie Pre - Matagalpa y las relaciona con el Grupo Río Saiz del Cretácico Superior así como las estructuras propicias para el desarrollo de la mineralización.

MEM – Dirección General de Minas, (2013), en el informe de Lisawe, representado por el Grupo Kuikuinita, distribuida en dos unidades, una compuesta por andesita, basalto y brecha; y la otra compuesta por tobas, aglomerados.

MEM- Dirección General de Minas, (2013), geología del distrito minero Columbus, destaca que las fallas están bien representadas, presenta un sistema de falla y fracturas con rumbo NE, el cual estrechamente relacionado con la dirección de uno de los grandes sistemas regionales de Nicaragua.

MEM – Dirección General de Minas, (2014), en el informe de Wasayama se describen las diferentes formaciones del Grupo Pre- Matagalpa y Matagalpa y en el ámbito estructural está enmarcado dos direcciones preferenciales como son los lineamientos de Rumbo Norte – Sur y Noroeste – Sureste.

1.5. Planteamiento del problema

El motivo de este estudio es plenamente investigativo, ya que la información que existe aledaña al área de estudio es de carácter minero – económico. Esta investigación es un aporte para la geología del país, ya que fue realizado en zonas muy alejadas de las cabeceras departamentales de Río Blanco, Waslala y Siuna.

En el estudio se realizó una cartografía geológica del cuadrante Cerro Verde, localizado al Noreste del país, entre las localidades de Río Blanco, Waslala y Siuna, en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Bosawás, ya que la región del Caribe y Central no posee muchos estudios geológicos, esta tesis servirá de base de información para estudios más detallados.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología empleada para la elaboración de este informe se realizó en tres etapas principales, las cuales se describen a continuación.

2.1. Trabajo de Gabinete

Esta etapa consistió en la recopilación de las diferentes fuentes de información del área, tales como fotografías aéreas impresas a escala 1: 60 000 (INETER, 1964), Imágenes de Radar a escala 1: 250 000 y Mapa Topográfico a escala 1:50,000 de la hoja 3155-I denominada Cerro Verde (INETER, 1988).

Las informaciones generales de la topografía del área se obtuvieron del mapa topográfico a escala 1:50,000 de INETER. Las informaciones geológicas se obtuvo de la fotointerpretación, que posteriormente se proyectaran en el mapa topográfico, e identificarán en el campo, a este se le llamara mapa fotogeológico.

El mapa igualmente se empleó para la localización geográfica de las observaciones que se realizaron en el campo para correlación de algunas estructuras.

Se analizaron las imágenes de RADAR grabadas por Westinghouse Electric Corporation Herat Resources Programme, la Dirección General de Cartografía de Nicaragua estas imágenes tienen una escala aproximada de 1: 100 000 y las imágenes interpretadas servirán para la interpretación de estructuras Geológicas y para el análisis de las unidades geomorfológicas.

Se consultaron Geología Histórica Estructural, Geología Regional e Introducción al Léxico estratigráfico de Nicaragua de Hodgson G., e informes del Ministerio de Energía y Minas para el análisis de las unidades litológicas del área de estudio.

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 morfoestructurales utilizando los mapas previamente elaborados en la etapa de gabinete.

En la parte geológica, se realizó la visita a los afloramientos sobre las marchas rutas proyectadas para describir a semidetalle las diferentes unidades y/o formaciones de

rocas, contactos litológicos y estructuras geológicas existentes. Se colectaron muestras de las rocas aflorantes en donde se procedió a la descripción de cada muestra levantada en campo.

En el ámbito estructural, se realizaron las mediciones de las actitudes de las rocas como rumbo, buzamiento y desplazamientos en las estructuras geológicas de las fallas, fracturas y lineamientos.

2.3. Análisis e interpretación de los datos de campo

Con los datos obtenidos de campo se procedió a analizar e interpretar la información de los diferentes tipos de formaciones geológicas existentes, al igual que sus parámetros morfo-estructurales para así corroborar el mapa fotointerpretado de las estructuras y contactos geológicos.

Los datos obtenidos del campo ya definidos tales como estructuras y litologías se digitalizaron con la ayuda del software ArcGis 10 para la elaboración del mapa estructural y geomorfológico del área de estudio a escala 1: 50 000 y finalmente ya con toda la información procesada y analizada se continuará a realizar el informe final.

2.3.1. Mapa Geológico

En la elaboración de este mapa se utilizó como base el mapa topográfico de Cerro Verde, realizando la debida fotointerpretación, para así, determinar las estructuras geológicas como: fallas, fracturas, diques, estructuras semicircular, los contactos geológicos y los contactos geomorfológicos, ya una vez en el campo se procedió a realizar las modificaciones, verificaciones y correcciones al mapa preliminar dando así como resultado, al mapa geológico final de la zona de estudio.

Cabe mencionar que en la zona de estudio hay un mapa previamente fotointerpretado que también sirvió como base a este levantamiento geológico y también con la ayuda de las hojas geológicas aledañas a la zona, cartografiadas por el Ministerio de Energía y Minas, donde 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 tomando en cuenta como base el mapa topográfico y la relación estratigráfica de la zona, con ayuda de la fotointerpretación, de igual manera se tomó en cuenta los agentes que modelan el paisaje de acuerdo a las características y composición de las rocas.

Un elemento importante que ayudó a la realización de este mapa, fue el mapa de sombras, realizado con el ArcGis 10.3, que ayudó a definir las diferentes unidades geomorfológicas, mediante el cual se definieron las alturas y la división geomorfológica, además de identificar los lineamientos de los cerros y su relación con el tipo de roca que lo forman, con lo que se estableció diferencias entre las diferentes formaciones encontradas en el área.

2.3.3. Mapa Estructural

En la realización de este mapa fue con ayuda de la fotointerpretación y los elementos visuales de las imágenes LandSat, imágenes radar y los ortofotomapas, las estructuras geológicas de fallas, fracturas, estructuras semicircular y lineamientos fueron identificadas en campo, tomando en cuenta los cambios bruscos del relieve, y los indicadores cinemáticos.

2.3.4. Mapa de Afloramientos o de Puntos de Muestreo

La base de este mapa es el topográfico, donde se ubicaron los puntos de muestro a afloramientos en las visitas de campo y los que serán diferenciados por el tipo de formación existentes.

2.4. Materiales utilizados

- Mapa topográfico, escala 1: 50 000
- Fotografías aéreas, escala 1: 60 000
- Imágenes Land Sat, escala 1: 250 000
- Imágenes de Radar, escala 1: 250 000
- Estereoscopio de espejo y bolsillo
- GPS
- Piqueta
- Lupa 20x – 30x
- Brújula
- Cámara fotográfica
- HCl (10%)
- Libreta de campo
- Bolsas de muestras y amarradores
- Mochila
- Marcadores, lápiz, lápices de colores
- Cinta métrica, regla, escalímetro

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 placa Pacífica, Coco y Nazca provoca una geodinámica compleja que caracteriza la región (Frischbutter, 2002).

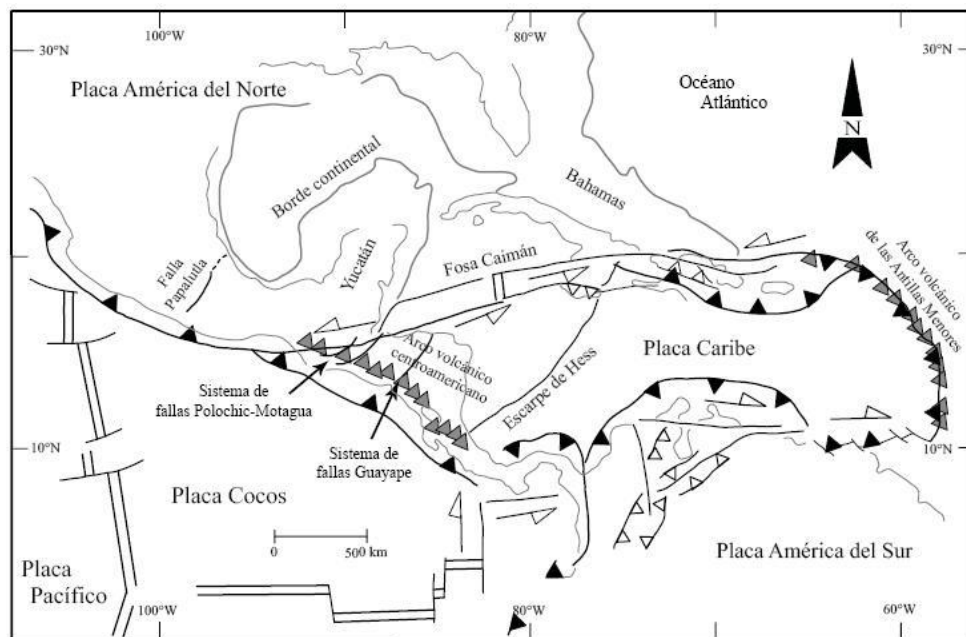


Figura 2. Mapa Tectónico de América Central (tomado de Acton et al., 2000).

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 Este, ubicándose en el espacio creciente entre las placas Norteamericana y Suramericana (Dengo y Case, 1990).

La placa Caribe tiene sus límites, al Norte 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 Sur limita con la placa Suramericana, que comprende una amplia zona de deformación caracterizada por estructuras de plegamientos y fallamientos de desplazamiento horizontales; al Este 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 Oeste limita con la fosa Mesoamericana (Dengo y Case, 1990).

Nicaragua se encuentra ubicada en el límite Oeste 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 a (Astrand, 1984).

Los focos asociados con el mecanismo de subducción, definen un buzamiento hacia el Noreste 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, 1983), 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:

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.

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 Norte por la Falla Motagua-Polochic y al Suroeste 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.

Bloque Chorotega: De naturaleza oceánica, compuesto por una secuencia de ofiolitas de edad Cretácica, constituidas por basaltos en almohadillas, gabros, peridotitas y peridotitas serpentizadas, sobreyacidas por sedimentos con abundantes restos de fósiles (radiolaritas) (Dengo y Case, 1990).

3.1. Geología 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. (Figura 3), tomado en cuenta la fisiografía y características estructurales de las provincias.

3.1.1. Provincias Geológicas:

- Provincia geológica de las planicies de la Costa del Pacífico.
- Provincia geológica de la Depresión
- Provincia del Norte
- Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica
- Provincia Central

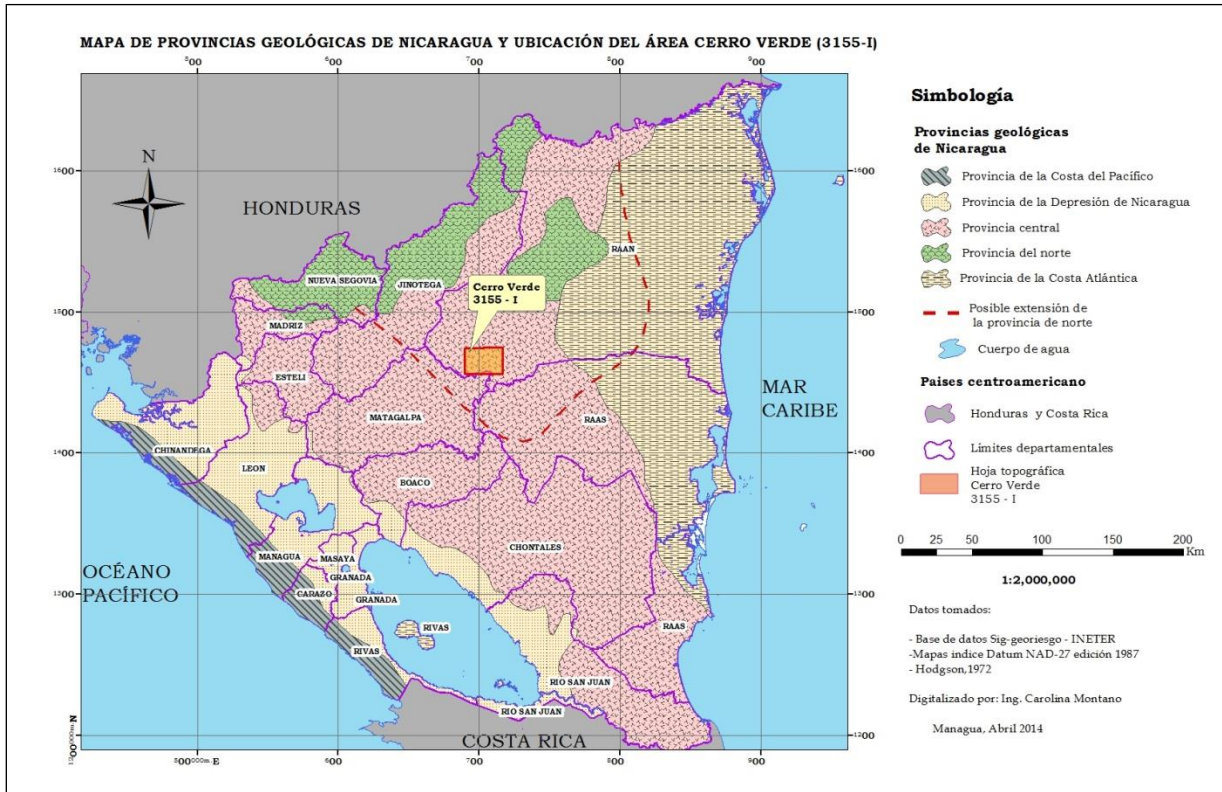


Figura 3. Mapa de las Provincias Geológicas de Nicaragua (Hodgson, G; 1972)

3.1.1.1. 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 Sureste, 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)
- Capa Sapoá (TKs)
- Formación Brito (Teb)

- Formación Masachapa (Tom)
- Formación El Fraile (Tmf)
- Formación Tamarindo (Tmt)
- Formación El Salto (Tps)

3.1.1.2. 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

3.1.1.3. Provincia del Norte

En el área que comprende la región Noroeste – Noreste 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 (Hodgson, 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 – hornbléndicos – 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 Metapán (Km)

3.1.1.4. 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 (Hodgson, 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

3.1.1.5. Provincia Central

Esta provincia está comprendida entre el límite Sur de la provincia del Norte, y el límite Oeste con la provincia de la depresión, al Sur limitada por el Río Indio y al Este 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.

- Grupo Coyol

McBirney (1965), a partes de este grupo, del margen Oeste 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 Noroeste y la otra en el Central – Sureste, que representa la zona de transición entre la sección Noroeste 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 le grupo Matagalpa ha sido cortado o intruido por un cuerpo granodiorítico con inclusiones de andesitas, las cuales dataron 28 Ma correspondiente al Oligoceno superior.

- Grupo Pre – Matagalpa

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 buzando hacia el Oeste, 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 Oeste de la desembocadura del Río San Juan, estructuras lineales en crestas de rumbo Noreste y buzamiento al Noroeste 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 cuatros formaciones y una unidad sedimentaria:

- Formación Matiguás (Tema)
- Formación Caracol (Teca)
- Unidad Río Wilike (Terw)
- Formación Machuca (Tem)
- Formación Río Escondido (Tcre).

Y en las formaciones volcánicas existentes de este grupo destacan:

- Unidad Río Rama (Terr)
- Formación Río Mico (Terma)
- Grupo Río Saiz (Krs)
- Unidad Muelle de los Bueyes (Tpamb)
- 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).

3.2. Fisiografía

Según Mc Birney & Williams, 1965, identifican cuatro unidades fisiográficas como las más importantes de Nicaragua: Los llanos de la costa del atlántico, los terrenos elevados del interior del área central, la depresión de Nicaragua y los llanos de la costa del pacífico.

En 1971, La Hunting Geology and Geophysics subdivide al país en cinco unidades, siendo estas: Los llanos de la Costa Atlántica, los terrenos elevados del interior del área central, la depresión de Nicaragua, la cadena montañosa del Pacifico y los llanos de la Costa del Pacifico.

El área de estudio se ubica dentro de la provincia Central, caracterizada por flujos de lavas alternados por la actividad volcánica del Terciario, de complejidad tectónica e intrusiones magmáticas, favoreciendo así, la deposición de minerales de interés económico en las rocas de esta provincia geológica.

3.2.1. Relieve

En los medios auxiliares de la fotointerpretación tales como imágenes de radar, satelital y fotografías aéreas, se denota dos patrones en el relieve característico de la zona, como lo son las montañas de orientaciones preferenciales, que alcanzan alturas de hasta 600 msnm, ubicadas en la porción Oeste de la zona de estudio y hacia la parte Este se encuentran planicies con pequeños cerros aislados y muchas veces agrupados con cotas de elevación de 100 msnm, lo que provoca un modelaje al relieve abrupto con colinas moderadas, producto al vulcanismo del Terciario.

3.2.2. Declive

En la zona de estudio se presenta un fuerte declive en toda la porción Oeste del mapa, controlado generalmente por el patrón litológico y el fallamiento local y regional de la zona, expresando terrenos escabrosos y en ocasiones abruptos, gradualmente a declives o inclinaciones moderadas en la porción Este en la que el declive de la zona, se restringe a pequeñas estructuras denotando así amplias zonas de planicies.

3.2.3. Drenaje

El patrón de drenaje de la zona está controlado principalmente por la cobertura litológica y el fallamiento y en menor escala condicionado por el parámetro geomorfológico de la zona.

En la zona de estudio se ubica la sub cuenca del río Tuma, principal tributario de la cuenca hidrográfica No. 55 Río Grande de Matagalpa, la subcuenca del río Tuma se subdivide en dos subcuencas, siendo estas: Sub cuenca del Río Iyas y sub cuenca del Río Irlán, ambas subcuencas de carácter exorreico.

La subcuenca del Río Iyas, presenta un drenaje del tipo subparalelo, controlado por las estructuras geológicas en la zona, esta subcuenca presenta una dirección preferencial Noroeste – Sureste, los principales ríos que drenan son: Bilwás, Waslala, Betania, Yukumalí, Baka, Paraska y Dipina.

La subcuenca del río Irlán, presenta un drenaje del tipo dendrítico – subparalelo, esta subcuenca presenta una orientación Noroeste – Sureste, los principales ríos que drenan sus aguas son: Kiwaskita, Caño Sucio, Las Cuchillas, El Espinazo, El Bambuzal y Sukumay.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

4.1. Geomorfología

El área de estudio se localiza dentro de la provincia de los terrenos elevados del interior según el mapa elaborado por Hunting Geology and Geophysics, en 1972. La Provincial Central, la que se caracteriza por presentar una expresión morfológica de arrugamientos debido a los esfuerzos, curvas arqueadas y flexuras determinada y subdividida por Hodgson en 1976.

En base a la geología y estructuras el área de estudio fue dividida en siete unidades de acuerdo a su morfología y características fisiográficas las cuales se describen a continuación:

Esta descripción de la subdivisión fue basada a través del ortofotomapa de la Hunting Geology and Geophysics Ltda. 1971. De imágenes radar e imágenes de satélites LandSat

4.1.1. Unidad de llanuras aluviales

Localizada en la porción Sur y Noroeste del área de estudio, constituidas por depósitos recientes, los que originan una superficie plana y estrecha en los valles en forma de "U" labrados por el curso del río Tuma en esta porción del mapa, en los que se están depositando sedimentos recientes originados por los procesos primarios de la sedimentación, las cotas de elevación varían entre los 100 - 120 msnm. Cubriendo un área total de 206.18km² y los espesores van de 2 – 25m. La pendiente suele variar 0 – 3% (Ver foto 1).



Foto 1 A. Depósito Aluvial, a orillas del Río Bilampí, compuesto de variados tamaños y formas de diferente composición litológica en la comunidad de Dipina. N 1471877 – E 694768, 121m.



Foto 1 B. Foto tomada en la llanura aluvial del río Tuma, en San Andrés de Boboké. N 1456645 – E 701921, 97m.

4.1.2. Unidad de terrenos peniplanizados con colinas onduladas y aisladas

Ampliamente distribuida en toda el área de estudio formando pequeñas franjas intramontanos entre las diferentes formaciones geológicas, se caracteriza por ser terrenos llanos o peniplanizados, en los que se observan pequeños cuerpos de suaves pendientes, de crestas elongadas, muchas veces aislados y con altos indicios de erosión. Las cotas de elevación fluctúan entre los 120 – 160 msnm. La pendiente suele variar 5 – 10% (Ver foto 2).



Foto 2 A. Foto tomada en El Naranjal, en la Comarca Suba, presentando terrenos peniplanizados. N 1459196 – E 713610, 121m.



Foto 2 B. Foto tomada en Yukumalí, porción Centro-Norte del mapa, presentando terreno de suaves y onduladas pendientes. N 1470215 – E 699002, 163m.

4.1.3. Unidad de terrenos de colinas agrupadas y disectadas

Se localiza en la parte Nor - Noroeste del mapa, constituido por cerros de moderadas pendientes a semiabruptas, agrupados y disectados por estructuras, en este tipo de expresión morfológica los cerros presentan crestas alineadas u orientadas preferencialmente en dirección Noroeste – Sureste, las cotas de elevación varían entre los 160 – 260 msnm. Cubriendo un área de 144.83 km². La pendiente suele variar de 11 – 20% (Ver foto 3).



Foto 3. Cerros de pendientes moderadas a semiabruptos, agrupados y disectados. Fotografía tomada en Cerro Betania, Comarca Los Baldes. N 1468711 – E712454, 263m.

4.1.4. Unidad de estructuras semicirculares

En el área de estudio se localizan en la porción Este, formando estructuras semicirculares las que denotan una expresión arqueada y de suaves a moderadas pendientes, con avanzados indicios de erosión. La pendiente suele variar de 10 – 20% (Ver foto 4).



Foto 4. Terrenos arqueados, de suaves pendientes y flexiones, dando origen a estructura semicircular a como se aprecia en la imagen. Foto tomada en Cerro Lencho León, N 1469876 – E 708965, 165m.

4.1.5. Unidad de serranías con crestas alineadas

Constituida por serranías de crestas alineadas con rumbo preferenciales Norte – Sur y en ocasiones Noreste – Suroeste, se ubican en la porción Centro – Oeste, denotando serranías con orientaciones preferenciales de pendientes abruptas a escarpadas, controladas por los sistemas de fallas marginales de una estructura de graben, como Cerro El Mosquitón (421 msnm), las elevaciones están dadas entre los 300 – 520 msnm. Cubriendo un área de 50.23 km². La pendiente suele variar de 40 – 60 % (Ver foto 5).

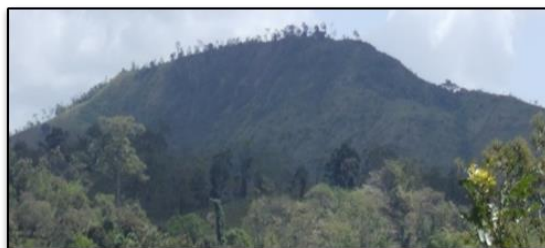


Foto 5. Serranía de pendiente fuerte a escarpadas, con orientaciones preferenciales Norte – Sur, Noreste – Suroeste, hacia el Cerro El Mosquitón. N 1465566 – E 700551, 460m.

4.1.6. Unidad de terrenos semiabruptos con flexiones moderadas

Distribuida en la zona de estudio se localiza en la porción Oeste, constituida por cerros de pendientes semiabruptas con flexiones moderadas, relieves escarpados y flexiones originadas por algunos cuerpos de origen intrusivos, las elevaciones fluctúan entre los 240 – 600 msnm. Cubriendo un área de 90.67km². La pendiente suele variar de 20 – 45% (Ver foto 6).



Foto 6. Terrenos semiabruptos con flexiones moderadas y escarpadas. Originado por cerros intrusivos. Foto tomada al Cerro El Algodón, N 1461256 – E 694768, 537m.

4.1.7. Unidad de terrenos abruptos, escarpados y de fuertes flexiones.

Se localiza al Noroeste y centro – Noreste del área de estudio, originada específicamente por cuerpos de origen intrusivos, constituyen terrenos abruptos, en las que sus pendientes son escarpadas, con unos 40° de inclinación y de muy fuertes flexiones, el drenaje en la zona es escaso, característico de estos tipos de terrenos. Como Cerro Verde (774 msnm), las elevaciones varían entre los 300 – 700 msnm. Cubriendo un área de 56 km². La pendiente suele variar de 50 – 70% (Ver foto 7).

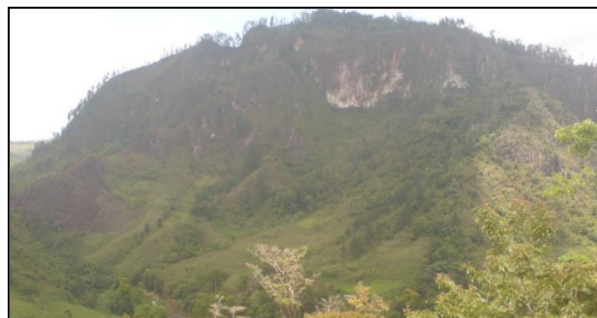


Foto 7. Terrenos abruptos, inclinados y de fuertes flexiones, foto tomada hacia el Cerro Verde. N 1468012 – E 695224, 325m

MAPA GEOMORFOLÓGICO

4.2. Geología Local y Estratigrafía

En el área de estudio se identificaron cuatro unidades estratigráficas, correspondientes a rocas del Grupo Matagalpa y Pre – Matagalpa, con edades de Cretácico Terciario (Paleógeno), representadas por rocas de origen volcánico y depósitos recientes: aluvial y residual (Hodgson, 2000).

La zona de estudio se encuentra en los límites de la Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica y la Provincia Central, las rocas se encuentran representadas por: Grupo Matagalpa (Tomm), Grupo Pre – Matagalpa en las que se encuentran las siguientes unidades; Formación Kuikuinita y el Grupo Río Saiz, y las unidades de depósitos del Cuaternario, las cuales se describen a continuación desde la más antigua a la más reciente.

4.2.1. Grupo Río Saiz

4.2.1.1. Formación Kuikuinita (Kki 1)

Esta formación se ubica, en la Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica, abarcada en la Geología Regional. Se encuentra morfológicamente representada por la Unidad de terrenos con colinas agrupadas y disectadas y por la Unidad de terrenos semiabruptos con flexiones moderadas.

4.2.1.1.1. Localización

Esta formación se presenta en el extremo Noreste y Este de la zona de estudio.

4.2.1.1.2. Litología

Este grupo se encuentra de forma local en el distrito minero de Kuikuinita y sus alrededores, las rocas que conforman esta unidad son variables en su fisiografía pero todas se presentan fracturas y meteorizadas, las rocas predominantes son los basaltos.

Camino a las comarcas Los Baldes y Sislaio predominan el basalto columnar, presentando cerros en forma de mesas, constituidos en las estructuras semicirculares y calderas.

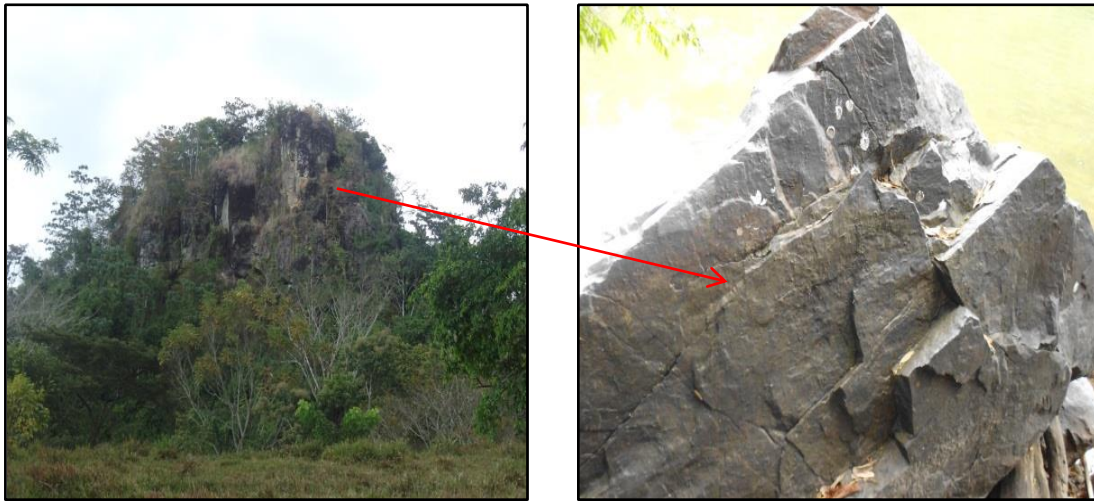


Foto 8. Basalto columnar de Cerro Betania N 1467869 – E 712112, 126m.

4.2.1.1.3. Contacto, espesor y edad

Toda la unidad se encuentra en contacto discordante con el depósito cuaternario Qr. Tiene un espesor de 90 m, la edad relativa oscila entre el Cretácico medio.

4.2.1.2. Grupo Río Saiz (Krs)

Como se ha mencionado anteriormente en el inciso 3, del marco geotectónico regional, la geología regional, está dividida en cinco provincias geológicas, de la cual la provincia geológica central, está subdividida en el grupo Coyol, grupo Matagalpa (ya descrito) y el grupo Pre – Matagalpa, del cual pertenece el Grupo Río Saiz, de formación volcánica.

En 2000. Hodgson G., “Geología Regional de Nicaragua (Introducción al Léxico Estratigráfico de Nicaragua)”, menciona la unidad Río Saiz. (Tparz), pero los estudios realizados en 2008, MEM-DGM-DIG, “Geología y Anotaciones Mineralógicas de los cuadrángulos de Waslala, Puerto Viejo, Kuikuinita, y el Cúa del área Central de Nicaragua, el autor lo eleva a categoría de Grupo Río Saiz subdividiéndose en 2 unidades, la unidad Krs3 y sus subunidades (Krs3a(an-ba), Krs3b(an-v),Krs3c(an-br), Krs3d(an-py) y la unidad Krs1(tu-ry), en el año 2013 M.E.M. (D.G.M- D.I.G), “Mapificación del cuadrángulo Cerro Ubú serie 3254-IV”, se realizó una rectificación de este grupo formando las unidades Krs1(tu-tul-tu/ry, tu/ig), Krs2(ba-an-ag-br), Krs3(an-py). Por lo tanto tomaremos en cuenta las unidades aflorante en el cuadrángulo estudiado.

4.2.1.2.1. Unidad Krs2 (basalto – andesita – aglomerado – brecha).

Morfológicamente está representada por las unidades: Unidad de terrenos de colinas agrupadas y disectadas en la porción Norte y Oeste, Unidad de serranías con crestas alineadas en la porción Central y la Unidad de terrenos semiabruptos con flexiones moderadas al Noroeste.

4.2.1.2.1.1. Localización

Esta se encuentra en diferentes zonas del área en estudio y es la segunda más amplia en extensión, localizada al Norte extendiéndose hacia el cuadrante Cerro El Oro, al Oeste extendiéndose al cuadrante Yaoska y en la porción Central de la hoja.

4.2.1.2.1.2. Litología

La unidad, su mayor expresión es al Noroeste, el área está representada por basalto, basalto-andesita y andesita. Estos afloramientos se presentan en forma de flujos masivo, sin alteración, de coloración grisácea.



Foto 9. Basalto de textura afanítica, de coloración grisácea, en la comunidad de Sislao – Paraska, coordenadas N1473984-E703335, 204 m. Ver análisis petrográfico 6, descripción de un basalto de textura pilotaxítica



Foto 10. Andesita de color grisáceo, representada en las coordenadas N1476639 - E690429, 300m. Cerro La Gloria, encontrándose en cerros dómicos de moderados a suaves pendientes, presentándose en bloques hasta de 2 m de diámetro. Ver análisis petrográfico 10, de una andesita porfirítica.

4.2.1.2.1.3. Contacto, espesor y edad

Esta unidad al Este presenta contacto concordante con la unidad Krs3, hacia el Sur y Suroeste en contacto discordante con el grupo Matagalpa y los Depósitos Cuaternarios Residuales. Tiene un espesor estimado de 60 m, su edad relativa es del Cretácico Medio.

4.2.1.2.2. Unidad Krs3 (andesita piritizadas)

Morfológicamente está representado por las unidades: Unidad de terrenos abruptos, escarpados y de fuertes flexiones, y la Unidad de terrenos semiabruptos con flexiones moderadas.

4.2.1.2.2.1. Localización

Se presenta en la porción Norte y Noroeste, en las comarcas de Paraska y Bilampí.

4.2.1.2.2.2. Litología

La característica más partículas de esta unidad, es que las rocas andesíticas se encuentran piritizadas.

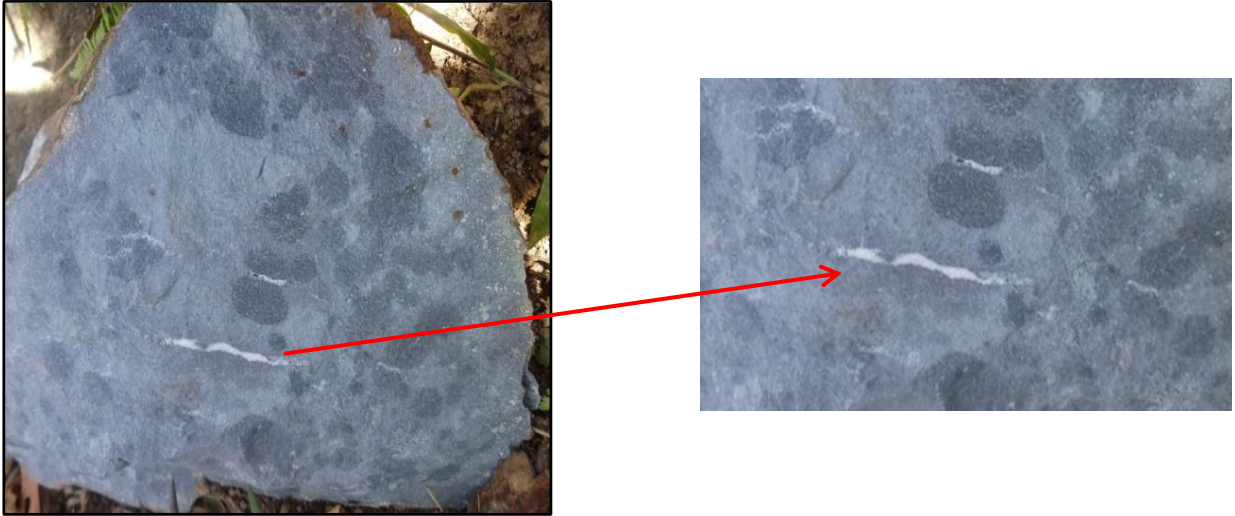


Foto 11. Andesita, del Cerro Santa Rosa, en coordenadas N 1471653 – E 705619, 324 m, de color gris oscura, de textura afanítica, masiva, presenta sulfuros de hierro diseminados en la roca, con hilos de cuarzo, rellenos por sulfuros. Ver análisis petrográfico 8 de una andesita de textura equigranular



Foto 12. En el recorrido hacia la comarca Paraska en las coordenadas N1473845 – E709725, 220 m, se presenta una andesita de textura porfídica, presentando plagioclasas agrandadas, con una matriz silicificadas, conteniendo sulfuros diseminados.

4.2.1.2.2.3. Contacto, espesor y edad

En la porción Norte presenta contacto discordante con el depósito cuaternario residual, mientras que en la porción Sur y Oeste en contacto concordante con la unidad Krs2, tiene un espesor estimado de 150 m, su edad está entre el Cretácico Superior.

4.2.2. Grupo Matagalpa (Tomm)

Este grupo corresponden rocas muy meteorizadas, está representada por las unidades geomorfológicas: Unidad de serranías con crestas alineadas y Unidad de terrenos semiabruptos con flexiones moderadas, que afloran en la parte Centro – Suroeste del área en estudio.

4.2.2.1. Localización

Se presenta en la parte Centro – Suroeste del mapa geológico de Cerro Verde, cubriendo un área de 73.37 km².

4.2.2.2. Litología.

El Grupo Matagalpa en este mapa geológico está caracterizado por unas variedades de rocas básicas, intemperizadas y muy antiguas, presentando andesita, basaltos, riolitas, con intercalaciones de delgadas capas de tobas, pero muy locales.

En las coordenadas N 1459464 – E 692563, 387m se encuentra un banco de materiales, ubicado en la comarca San Antonio de Yaró camino hacia Waslala, en este banco de materiales se presenta una roca de composición basáltica de textura afanítica, presentándose en lajas, muy fracturado que a su vez, presenta un dique riolítico, con un rumbo N 70° E y buza 58° SE (Ver foto 13).

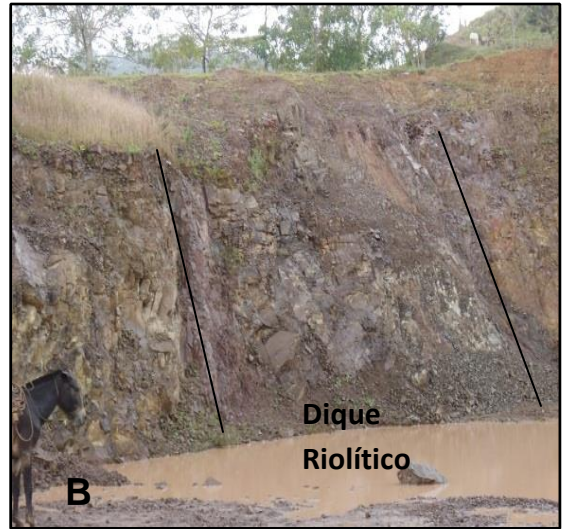
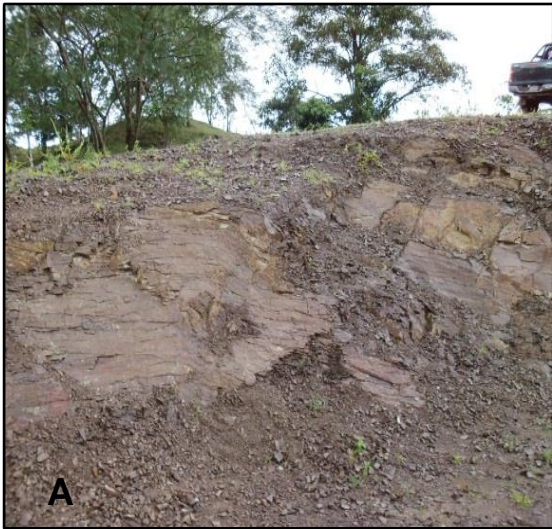


Foto 13. Foto tomada en un banco de materiales, coordenadas 1459464-E692563, 387m. **A.** Basalto fracturado, presentando leves flexiones debido a la intrusión de un dique de composición riolítico. **B.** Dique de composición riolítica.

En la Fila Palo Blanco, conformada por los Cerros El Avión y El Teosintal en las coordenadas N 1463814 – E 699225, 427 m, presentando pendientes semiabruptas, conformado una riolita bien intemperizada en bloques mayores de 3m de diámetro.

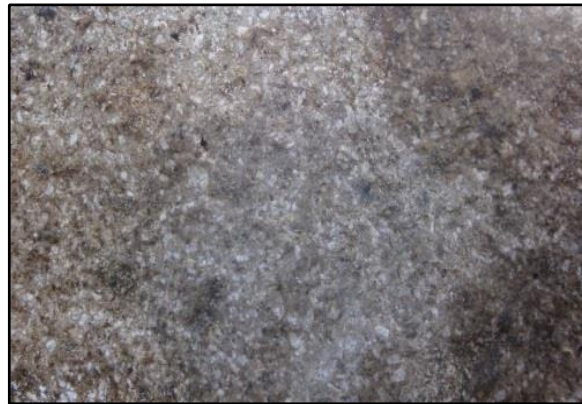


Foto 14. Riolita intemperizada, de color gris rosáceo, tomada de la Fila Palo Blanco, coordenadas N 1463814 – E 699225, 427 m.

Se observan en menor grado intercalaciones de tobas líticas y tobas aglomerádicas con riolitas y andesitas principalmente en los cerros de morfología cómica con pendiente moderada, ubicadas en las faldas de la Fila Palo Blanco en las

coordenadas N1463061-E700853, 210m, esto es observable en la base del Rio Kiwaskita.

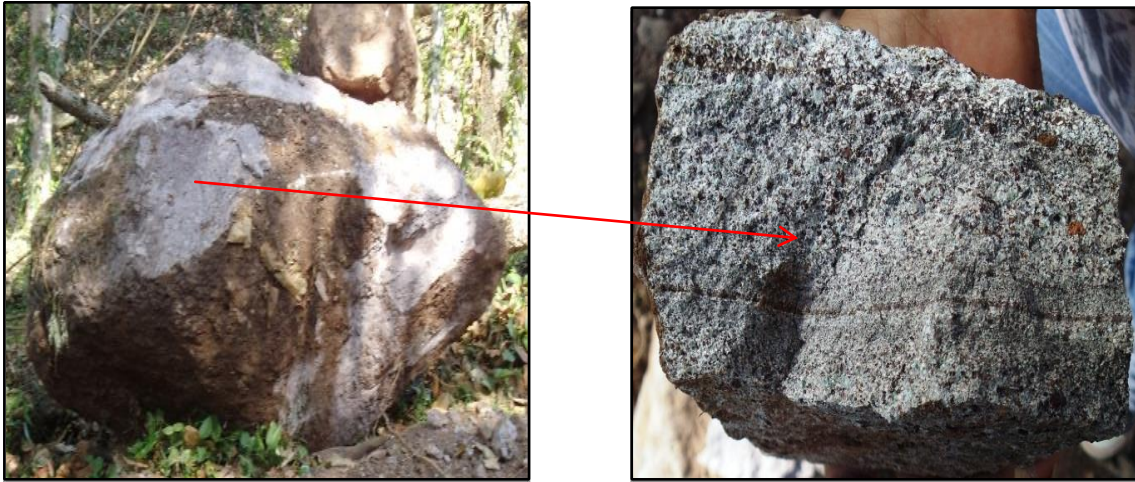


Foto 15. Coordenada N 1466265 – E 699954 Fila Palo Blanco, presentándose en bloques hasta de 2m de diámetro una Toba lítica. Ver anexo, análisis petrográfico 11

4.2.2.3. Contacto, espesor y edad

Los cerros que se encuentra al Suroeste del mapa, presenta contacto discordante al Noroeste- Oeste con el grupo Río Saiz medio, al igual que en su porción Este es discordante con los depósitos cuaternarios residual y aluvial, los cerros que conforma Fila Palo Blanco en contacto igualmente discordante con depósitos cuaternarios residual y aluvial. Tiene un espesor relativo estimado de 290 m, la edad oscila entre Mioceno-Oligoceno.

4.2.3. Unidad de los depósitos cuaternarios

4.2.3.1. Unidad de depósito aluvial

Esta unidad se localiza en los pequeños valles lineales que forman las subcuencas principales de la zona, formando terrazas de variables espesor a lo largo de la ribera de los ríos ubicados al Suroeste de la zona en estudio. Con un espesor relativo estimado de 10 m.

Las terrazas son mal calibradas, producto a la variabilidad en la velocidad del agua con la que se depositaron los sedimentos y fragmentos de roca, conformadas por lo general de rocas basálticas, andesíticas, grava, arena y limo, estos depósitos varían entre 1 – 40 cm del material conformante de estos depósitos. (Ver foto 16).



Foto 16. Río Irlán, coordenadas N 1464585 – E 697768, 160 m. **A.** Llanura aluvial a lo largo del río Irlán, constituido por depósitos cuaternarios de variables formas y composición litológica. **B.** Terraza mal calibrada de aluviones conformados por guijarros, gravas, arenas, limos y arcillas de formas angulosas, sub - angulosas y redondeadas de variables diámetros.

4.2.3.2. Unidad de depósito residual

Esta unidad se localiza ampliamente en el área de estudio, dominando más en la porción Este de la zona de estudio, principalmente en la zona fisiográficas de terrenos peniplanizados. Con un espesor relativo estimado de 90 m.

Los suelos de origen residuales encontrados en esta zona son de coloración naranja – rojiza y en ocasiones abigarradas, de texturas limo – arcillosa, arcillosa con pequeños fragmentos de rocas básicas.

En las siguientes coordenadas podemos observar el cuaternario residual: N 14687212 – E 707091, N 1467360 – E 706275, N 1474249 – E 712863, N 1473038 – E 712025. Estos suelos de origen residual cubren un área de 206.18 km², los espesores son variables entre los 2- 25 m.

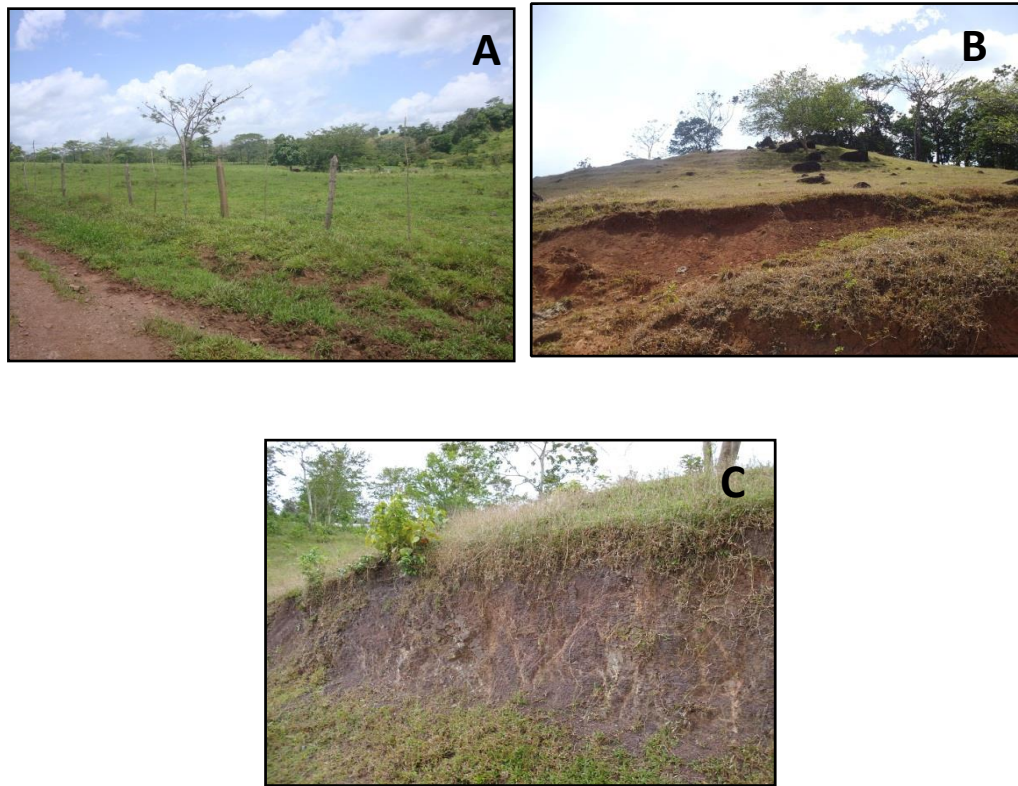


Foto 17. Afloramientos donde son observables los depósitos residuales. **A.** Nótese el depósito residual originado por rocas basálticas, de texturas arcillosas a limo – arcillosas, las que originan terrenos peniplanizados. N 14687212 – E 707091, 110m. **B.** Depósitos residuales originados por rocas basálticas encontradas en bloques hasta de 3 m de diámetro, originan cerros de pendientes suaves. 1469162 – E 695722, 136m. **C.** Suelo de color abigarrado en coord. N 1472073 – E 697251, 102m. Presentando vetillas de cuarzo, con una dirección preferencial Norte – Sur.

4.2.4. Columna Estratigráfica Generalizada

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	FORMACIÓN	COLUMNA LITO-ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGÍA	ESPESOR PROMEDIO [m]	DESCRIPCIÓN
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Depósito Cuaternario		Qal	10	Aluviones arenos-gravosos
		Holoceno			Qr	90	Suelos arcillo-limosos rojizos
	Terciario	Oligoceno	Grupo Matagalpa		Grd	500	Granodiorita equigranular. Local pirita.
					Tomm	290	Andesita de flujos intercaladas con paquetes de tobas. Basaltos de flujo. Roca silicificada
Krs 3					150	Andesita de flujos y tobas. Basaltos de flujo. Piritizados.	
Mesozoico	Secundario	Cretácico	Grupo Pre - Matagalpa		Grupo Río Saiz	Krs 2	60
				Formación Kuikuinita		Kki 1	90

Mapa geológico

4.3. Geología Estructural

Se ha hablado mucho de los sistemas de fallas que afectan al territorio nacional, pero en algunas regiones este se comportan de forma diferente, principalmente si nos encontramos en los límites de las provincias geológicas – fisiográficas como son la provincia de las planicies de la costa atlántica y la provincia Central. Además que es una zona del límite del Graben Iyas – Bocay.

Tomando en cuenta las estructuras lineales más relevantes del área, así como las comprobadas en campo podemos describir:

4.3.1. Sistema de falla Norte – Sur

El lineamiento más resaltado en el área estudiada pertenece al rumbo Norte – Sur, estas fallas se caracterizan por ser de carácter regional, con una simetría de estructura normal en un régimen de deformaciones extensionales.

- **Falla 1. Cerro El Oro**, denominada en el 2010 cuando se realizó el estudio del cuadrángulo Cerro El Oro serie 3156-II (MEM 2010, Mapificación geológica del cuadrángulo Cerro El Oro, La Dalia, La Fundadora, Santa Elisa y El Ayote). Este lineamiento en el cuadrante Cerro Verde se presenta entre las coordenadas N 1456000 – E 706800 y N 1475000 – E 704300, con rumbo preferencial Norte – Sur, pero en las coordenadas N 1468000 – E 706100 presenta rumbo N 15° Oeste, refleja un buzamiento de 80° - 90° Noreste, considerada falla normal, vertical, en el marco de estudio regional se determina que representa el límite del grupo Kuikuinita compuesto por un basamento serpentinitico donde suprayacen las rocas volcánicas de edad relativas cretácico, el bloque ascendente es el Oeste, extensión lineal es de aproximadamente 20 Km. (Ver foto 18).



Foto 18. Falla 1. Se verifico en campo en las coord. N 1459641 – E 07344 con un rumbo N25°W y buza 75°NE

- **Falla 2 Kiwaskita** Se encuentra entre las coord. N 1474700 – E 700000 y N 1456700 – E 702400, en coord. N 1472500 – E 702075 presenta rumbo Norte – Sur, con buzamiento que varía desde 20° a 35° Suroeste, en campo, es de tipo normal. Extensión lineal de 14 Km. (Ver foto 19).
- **Falla 3 Cerro Verde,** Esta entre las coord. N 1474900 – E 69595 y N 1456000 – E 696450, presenta rumbo Norte – Sur, el bloque ascendente es el Oeste, es de tipo normal, es el límite tectónico- estructural entre los grupos volcánicos que representa el Pre-Matagalpa (Krs) y el Matagalpa (Tomm). Extensión lineal de 21 Km. (Ver foto 19).



Foto 19. Tomada al sistema de falla Norte – Sur, que forma parte del graben Iyas – Bocay.

Las fallas 2 y 3 ambas forman en el área un micrograben, que forma parte del graben Iyas –Bocay, Aflorando este en las Hojas de Cerro Verde, Wasayama y Bocay. Hendrickson, B (2000); Continuando este lineamiento al Sur en el cuadrángulo Wasayama serie 3155-II, donde la estructura fue vista en terreno.

4.3.2. Sistema de falla Noroeste – Sureste

- **Falla 4 Los Baldes.** Se encuentra en coord. N 1475000 – E 709450 y N 1457200 – E 717000, el rumbo predominante es N 20°W y buza 35°Suroeste, el bloque ascendente es Noreste, clasificada como falla normal corta una estructura de caldera. Extensión lineal de 19 Km.



Foto 20. Tomada a falla 5. Irlán, tomada desde el Cerro El Algodón, coordenadas N 1473000 – E 696035.

- **Falla 5 Irlan.** En el área podemos observarla en las coord. N 1473000 – E 696035 y N 1457102 – E 702950, el comportamiento de la misma es en la parte Sur se presenta curvada, por lo que se determina que su rumbo varía desde N 10°- 40° Oeste, en su trayectoria su rumbo se comporta 30°SW, esto fue comprobado en las siguientes coord. N 1467515 – E 696937 rumbo N10°W, en N 1466422 – E 697153 rumba N 20°W y en coord. N 1464585 – E 697768 con dirección N35°Oeste. Es una falla normal y presenta una extensión lineal de 17 Km.



Foto 21. Falla Los Baldes, tomada en el río Iyas, coordenadas N 1460876 – E 714578.

4.3.3. Sistema de falla Noreste – Suroeste

Las estructuras lineales que presenta el rumbo de Noreste – Suroeste, en el área se encuentra entrecortadas tanto por las de rumbo Norte – Sur y Noroeste – Sureste, aunque algunas se presenta entrecortadas entre sí por lo que podemos determinar que las fallas de este tipo es más antigua que las de los otros sistemas lineales.

- **Falla 6 El Mosquitón,** en las coordenadas N1469489 – E 712850 y N 1459600 – E 701000, se encuentra desplazada por estructuras lineales de rumbo Norte – Sur, se caracteriza por ser una falla de tipo normal con rumbo N 50°E y buza 15°Noroeste, el bloque ascendente es Sureste. Presenta una extensión lineal de 15 km. (Ver foto 22).

- **Falla 7 Mayawas**, Entre las coordenadas N 1475000 – E 708700 y N1459400 – E 689600 el rumbo varía desde N 20°- 80°Este, buza 40°Noroeste, en las coordenadas N 1466255 – E 697422 presenta rumbo N 70° Este, al igual que en las coord. N 1464672 – E 695292. Presenta una extensión lineal de 26 Km.



Foto 22. Falla El Mosquitón, verificada en las coordenadas N 1469489 – E 712850.

MAPA ESTRUCTURAL

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En el área de estudio se identificaron dos depósitos cuaternarios, el aluvial y el residual; dos grupos, el Pre – Matagalpa, que contiene dos unidades Río Saiz 2 y Río Saiz 3 y el Matagalpa que no se pudo encontrar bien las subdivisiones de sus unidades y una unidad llamada Kuikuinita, antes mencionada Formación Mosquitia (Hodgson G, 2000 Introducción al léxico estratigráfico de Nicaragua), renombrada Kuikuinita en el 2008 por Hodgson en Geología y Anotaciones Mineralógicas en el área central de Nicaragua.

En la parte geomorfológica se diferenciaron 7 unidades: En unidad de Llanuras aluviales; Los Terrenos peniplanizados con colinas onduladas; Los Terrenos con colinas agrupadas y disectadas; Los Cráteres y calderas; Los Conos y domos volcánicos; Las Serranías con crestas alineadas; Los Terrenos semi abruptos con flexiones moderadas y Los Terrenos abruptos, escarpados y fuertes flexiones.

Se identificaron tres sistemas de fallas principales como los son: Fallas Norte – Sur, Fallas Noreste – Suroeste y el Fallas Noroeste - Sureste.

De las cuales se considera que las estructuras de rumbo Noreste – Suroeste son más jóvenes que el fallamiento que rumba Noroeste – Sureste, pues éstas se encuentran generalmente desplazadas por estas estructuras.

5.2. Recomendaciones

- A. Realizar un levantamiento geológico a detalle, en la porción Norte – Noroeste para establecer una mejor sub-división entre la formación Matagalpa y la unidad Krs2, así como en toda la zona para establecer de manera absoluta los contactos entre las formaciones y unidades presentes.
- B. Realizar dataciones radiométricas a rocas representativas de cada formación y a los cuerpos intrusivos, para así ubicar las formaciones en edades absolutas y no relativas.
- C. Continuar la búsqueda de sitios de mineralización en la unidad Krs3, así como en la porción Oeste de la zona de estudio, ya que es zona próxima al distrito minero de Rancho Grande y Kuikuinita.

6. BIBLIOGRAFÍA

- **Altamirano & Hodgson, G., 1982.** Geología de un área de la Región Central de Nicaragua, cubriendo los sitios de presa de Boboké- Mojolka y Copalar.
- **Anderson & Anstrad, F., 1984.** Structural Interpretation of LandSat Images over Tertiary Volcanics in Nicaragua, Central American, SGAB report to SAREC/INMINE and FIR.
- **Bullard, E. C., Everett, J.E and Smith, A. G., 1965.** The fit the of continents around the atlantic; symposium on continental drift, phil. Trans R. Soc. Lond. A258, 41 – 51.
- **Dengo, G. 1973.** Estructura Geológica, histórica, tectónica y morfología de América Central. ICAITI. Guatemala.
- **Dengo, G y Case, J., 1990.** The Geology of North America and the Caribbean Region. Vol H. Colorado.
- **Frischbutter, A., 2002.** Structures of the Managua Graben, Nicaragua, from remote sensing images.
- **Hodgson G., 1998.,** Geología Histórica de Nicaragua.
- **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. 1971.** Interpretaciones de imágenes de radar e imágenes de satélite LandSat.
- **Garayar J., 1971.** Geología y depósitos minerales. Informe 10. Managua.
- **INIDE. 2005.** VIII Censo de Población y IV de Vivienda.
- **INETER. 1988.** Mapa Topográfico Cerro Verde (3155 – I).
- **Lilljequist, R. & Hodgson, G., 1983.** Desplazamiento de Actividades Volcánicas durante el Terciario y la relación entre Paleocarcos Volcánicos y depósitos minerales en Nicaragua.
- **Mackenzie, W.S. and Guilford, C., 1980.** Atlas of rock-forming minerals in thin section.

- **Mackenzie, W.S. and Guilford, C., 1980.** Atlas of igneous rocks and their textures.
- **McBirney, A. & Williams, R., 1965.** Volcanic History of Nicaragua. University of California.
- **Ministerio de Energía y Minas, 2008.** Geología y anotaciones mineralógicas de los cuadrángulos de Waslala, Puerto Viejo, Kuikuinita y El Cuá del área Central de Nicaragua.
- **Ministerio de Energía y Minas, 2010.** Mapificación Geológica del Cuadrángulo Cerro El Oro, La Dalia, La Fundadora, Santa Elisa y El Ayote.
- **Ministerio de Energía y Minas, 2013.** Mapificación Geológica del cuadrángulo de Lisawe 3255-II.
- **Ministerio de Energía y Minas, 2013.** Geología y Anotaciones mineralógicas del Distrito Minero de Columbus.
- **Ministerio de Energía y Minas, 2014.** Mapificación Geológica del cuadrángulo de Wasayama 3155-II.
- **ONU, 1969.** Estudio de los recursos minerales de Nicaragua en el Distrito Minero de Kuikuinita.
- **Venable, M., 1994.** A Geologic Tectonic and Metalogenic Evaluation of the Siuna Terrane. University of Arizona

ANEXOS

Tabla 1. Rangos de pendientes utilizados y su justificación geomorfológica, están basados en Araya & Börgel 1972, Young 1975 y Ferrando 1993.

Distribución de los cambios por rangos de pendientes.

Pendiente		Tipo de pendiente	Umbral Geomorfológico
Grados	% Aproximado		
0 -2	0 - 4.5	horizontal	erosión nula a leve
2-5	4.5 - 11-0	suave	erosión débil
5-10	11.0 - 22.0	moderada	erosión moderada
10-20	22.0 - 44.5	fuerte	erosión fuerte
20-30	44.5 - 67-0	moderadamente escarpada	cárcavas frecuentes
30-45	67.0 - 100	escarpada	coluvionamiento
>45	> 100	muy escarpada	derrumbes

Mapa de puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO EN EL CUADRANTE CERRO VERDE 3155-I

N°	CÓDIGO	COORDENADAS		DESCRIPCION DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
		NORTE (Y)	ESTE (X)			
1	CV1	1471504	693794	Cuaternario residual	Qr	
2	CV2	1471504	693855	Cuaternario aluvial	Qal	
3	CV3	1471504	693995	Cuaternario residual	Qr	
4	CV4	1471504	694034	Granodiorita	Grd	
5	CV5	1471504	694198	Cuaternario residual	Qr	
6	CV6	1471504	694414	Cuaternario residual	Qr	
7	CV7	1471504	694631	Granodiorita	Grd	
8	CV8	1471504	694884	Granodiorita	Grd	
9	CV9	1471504	695157	Andesita	An	
10	CV10	1471504	695722	Cuaternario residual	Qr	
11	CV11	1471504	695783	Cuaternario residual	Qr	
12	CV12	1471504	696766	Cuaternario residual	Qr	
13	CV13	1471504	696446	Cuaternario residual	Qr	
14	CV14	1471504	696157	Cuaternario residual	Qr	
15	CV15	1471504	695964	Granodiorita	Grd	
16	CV16	1471504	696937	Basalto	Ba	Falla N10°W
17	CV17	1471504	697064	Basalto	Ba	
18	CV18	1471504	697150	Andesita porfiritica	Anpo	Falla N15°W
19	CV19	1471504	697287	Toba lítica	Tul	
20	CV20	1471504	697287	Toba lítica	Tul	
21	CV21	1471504	697153	Basalto	Ba	Falla N20°W
22	CV22	1471504	696941	Dacita	Da	
23	CV23	1471504	696509	Cuaternario residual	Qr	
24	CV24	1471504	696521	Andesita silicificada	An	
25	CV25	1471504	696623	Andesita	An	
26	CV26	1471504	696547	Granodiorita	Grd	
27	CV27	1471504	696391	Cuaternario residual	Qr	
28	CV28	1471504	696176	Andesita	An	
29	CV29	1471504	696178	Andesita	An	
30	CV30	1471504	695981	Andesita	An	
31	CV31	1471504	695912	Cuaternario aluvial	Qal	
32	CV32	1471504	695763	Andesita	An	
33	CV33	1471504	695650	Andesita	An	
34	CV34	1471504	695292	Andesita	An	Falla N72°E
35	CV35	1471504	695120	Andesita	An	
36	CV36	1471504	694970	Andesita	An	Falla N50°E
37	CV37	1471504	694549	Cuaternario residual	Qr	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
38	CV38	1471504	694374	Cuaternario residual	Qr	
39	CV39	1471504	696381	Andesita	An	vetillas N34°E
40	CV40	1471504	693815	Andesita	An	
41	CV41	1471504	693315	Andesita	An	
42	V1	1471504	690429	Andesita	An	
43	V2	1471504	690666	Andesita	An	
44	V3	1471504	690847	Andesita	An	
45	V4	1471504	690857	Andesita	An	Falla N50°W
46	V5	1471504	691181	Andesita	An	
47	V6	1471504	691365	Andesita	An	
48	V7	1471504	691651	Basalto	Ba	
49	V8	1471504	691936	Granodiorita	Grd	
50	V9	1471504	692687	Granodiorita	Grd	
51	V10	1471504	692750	Andesita	An	
52	V11	1471504	693036	Cuaternario aluvial	Qal	
53	V12	1471504	693154	Andesita silicificada	An	Falla N50°W
54	V13	1471504	693612	Andesita silicificada	An	Falla N25°E
55	V14	1471504	694451	Andesita silicificada	An	
56	V15	1471504	696523	Andesita	An	
57	V16	1471504	696728	Cuaternario residual	Qr	
58	V17	1471504	696361	Andesita	An	Falla N24°E
59	V18	1471504	696174	Cuaternario residual	Qr	
60	V19	1471504	695894	Cuaternario residual	Qr	
61	V20	1471504	695795	Brecha	Br	
62	V21	1471504	695606	Brecha	Br	
63	V22	1471504	695737	Granodiorita	Grd	Falla N22°E
64	V23	1471504	695521	Granodiorita	Grd	
65	V24	1471504	695080	Granodiorita	Grd	
66	V25	1471504	694652	Granodiorita	Grd	
67	V26	1471504	694753	Granodiorita	Grd	
68	V27	1471504	694562	Granodiorita	Grd	
69	V28	1471504	694355	Granodiorita	Grd	
70	V29	1471504	694433	Granodiorita	Grd	
71	V30	1471504	694449	Granodiorita	Grd	
72	V31	1471504	694364	Granodiorita	Grd	
73	V32	1471504	694620	Granodiorita	Grd	
74	V33	1471504	695279	Granodiorita	Grd	
75	V34	1471504	695486	Cuaternario residual	Qr	
76	V35	1471504	697422	Cuaternario residual	Qr	Falla N55°W
77	V36	1471504	697535	Andesita	An	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
78	V37	1471504	697498	Andesita	An	
79	V38	1471504	697751	Basalto	Ba	
80	V39	1471504	697768	Riolita	Ry	Falla N35°W
81	V40	1471504	697740	Cuaternario aluvial	Qal	
82	V41	1471504	697848	Cuaternario aluvial	Qal	
83	V42	1471504	698055	Basalto	Ba	
84	V43	1471504	698343	Basalto	Ba	
85	V44	1471504	698629	Basalto	Ba	Falla N40°E
86	V45	1471504	698795	Basalto	Ba	
87	V46	1471504	699225	Riolita	Ry	
88	V47	1471504	699376	Dacita	Da	
89	V48	1471504	699715	Dacita	Da	
90	V49	1471504	700242	Cuaternario residual	Qr	
91	V50	1471504	700173	Basalto	Ba	
92	V51	1471504	700026	Basalto	Ba	
93	V52	1471504	700093	Cuaternario residual	Qr	
94	V53	1471504	699962	Basalto	Ba	
95	V54	1471504	699644	Basalto	Ba	
96	V55	1471504	699537	Basalto	Ba	
97	V56	1471504	699357	Andesita	An	
98	V57	1471504	699261	Andesita	An	
99	V58	1471504	699091	Andesita	An	
100	V59	1471504	698432	Andesita	An	
101	CV42	1471504	691975	Cuaternario residual	Qr	Falla N60°E
102	CV43	1471504	691845	Granodiorita	Grd	
103	CV44	1471504	691670	Cuaternario residual	Qr	
104	CV45	1471504	691495	Granodiorita	Grd	
105	CV46	1471504	691301	Basalto	Ba	
106	CV47	1471504	691197	Granodiorita	Grd	
107	CV48	1471504	691143	Basalto	Ba	Falla N25°W
108	CV49	1471504	691026	Andesita	An	Falla N54°E
109	CV50	1471504	690981	Andesita	An	
110	CV51	1471504	691228	Cuaternario aluvial	Qal	
111	CV52	1471504	691517	Andesita	An	
112	CV52	1471504	691779	Andesita	An	
113	CV53	1471504	691718	Andesita	An	
114	CV54	1471504	691918	Andesita	An	
115	CV55	1471504	692142	Andesita	An	
116	CV56	1471504	692729	Andesita	An	
117	CV57	1471504	690982	Basalto	Ba	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
118	CV58	1471504	690704	Andesita	An	
119	CV59	1471504	690666	Andesita	An	
120	CV60	1471504	690824	Basalto	Ba	
121	CV61	1471504	690943	Roca silicificada	Rsi	Falla N40°E
122	CV62	1471504	691008	Roca silicificada	Rsi	
123	CV63	1471504	691384	Roca silicificada	Rsi	
124	CV64	1471504	691766	Roca silicificada	Rsi	
125	CV65	1471504	692196	Basalto	Ba	
126	CV66	1471504	692549	Basalto	Ba	
127	CV67	1471504	692563	Basalto	Ba	Falla N30°E
128	CV68	1471504	692311	Basalto	Ba	
129	CV69	1471504	691405	Basalto	Ba	
130	CV70	1471504	691916	Basalto	Ba	
131	CV71	1471504	691043	Roca silicificada	Rsi	Falla N32°E
132	CV72	1471504	690496	Basalto	Ba	
133	CV73	1471504	689918	Andesita silicificada	An	
134	CV74	1471504	698747	Cuaternario residual	Qr	
135	CV75	1471504	690035	Basalto	Ba	
136	CV76	1471504	690077	Basalto	Ba	
137	CV77	1471504	690125	Basalto	Ba	
138	CV78	1471504	690413	Basalto	Ba	
139	CV79	1471504	690315	Andesita silicificada	An	
140	CV80	1471504	689826	Andesita	An	
141	CV81	1471504	689813	Andesita	An	
142	CV82	1471504	692913	Cuaternario residual	Qr	
143	CV83	1471504	693118	Basalto	Ba	Falla N20°E
144	CV84	1471504	693279	Andesita	An	
145	CV85	1471504	693447	Basalto	Ba	
146	CV86	1471504	693870	Andesita zeolitica	An	
147	CV87	1471504	694133	Andesita zeolitica	An	
148	CV88	1471504	694358	Andesita zeolitica	An	
149	CV89	1471504	694390	Andesita zeolitica	An	
150	CV90	1471504	694645	Andesita zeolitica	An	
151	CV91	1471504	694989	Andesita	An	
152	CV92	1471504	695092	Aglomerado	Agl	
153	CV93	1471504	695201	Aglomerado	Agl	
154	CV94	1471504	695010	Andesita	An	Falla N30°W
155	CV95	1471504	695538	Andesita zeolitica	An	
156	CV96	1471504	695998	Andesita zeolitica	An	
157	CV97	1471504	696201	Cuaternario residual	Qr	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
158	CV98	1471504	696551	Cuaternario residual	Qr	
159	CV99	1471504	696551	Cuaternario residual	Qr	Falla N14°E
160	CV100	1471504	696836	Cuaternario residual	Qr	
161	CV101	1471504	697222	Cuaternario residual	Qr	
162	V60	1471504	694890	Cuaternario residual	Qr	
163	V61	1471504	695046	Basalto	Ba	Falla N40°E
164	V62	1471504	695214	Cuaternario residual	Qr	
165	V63	1471504	695638	Andesita basalto	An-ba	
166	V64	1471504	695803	Basalto	Ba	
167	V65	1471504	696034	Basalto	Ba	
168	V66	1471504	695803	Basalto	Ba	
169	V67	1471504	696715	Andesita	An	
170	V68	1471504	696859	Basalto	Ba	
171	V69	1471504	697138	Basalto	Ba	
172	V70	1471504	697609	Basalto	Ba	
173	V71	1471504	697796	Basalto	Ba	Falla N80°E
174	V72	1471504	697863	Basalto	Ba	
175	V73	1471504	697749	Cuaternario residual	Qr	
176	V74	1471504	697251	Cuaternario residual	Qr	
177	V75	1471504	696840	Cuaternario residual	Qr	
178	V76	1471504	696565	Cuaternario residual	Qr	
179	V77	1471504	696227	Basalto	Ba	
180	V78	1471504	695822	Basalto	Ba	
181	V79	1471504	695591	Basalto	Ba	Falla N60°W
182	V80	1471504	695265	Basalto	Ba	
183	V81	1471504	695212	Basalto	Ba	Vetilla N55°W
184	V82	1471504	694886	Basalto	Ba	
185	V83	1471504	692951	Basalto	Ba	Falla N25°E
186	V84	1471504	693072	Basalto	Ba	Falla N85°W
187	V85	1471504	693140	Andesita dacítica	An	
188	V86	1471504	693387	Basalto	Ba	Falla N40°W
189	V87	1471504	693808	Basalto	Ba	
190	V88	1471504	694181	Basalto	Ba	
191	V89	1471504	694451	Basalto	Ba	Falla N75°W
192	V90	1471504	694631	Basalto	Ba	Falla N20°E
193	V91	1471504	694877	Basalto	Ba	Falla N60°W
194	V92	1471504	695080	Basalto	Ba	Falla N20°W
195	V93	1471504	695094	Toba lítica	Tul	
196	V94	1471504	695286	Andesita dacítica	An	Falla N50°W
197	V95	1471504	695539	Andesita dacítica	An	
198	V96	1471504	695828	Andesita dacítica	An	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
199	V97	1471504	696076	Basalto	Ba	
200	V98	1471504	695831	Basalto	Ba	
201	V99	1471504	695669	Andesita	An	
202	V100	1471504	695106	Basalto	Ba	
203	V101	1471504	695106	Toba lítica	Tul	
204	V102	1471504	694498	Andesita porfiritica	Anpo	
205	V103	1471504	694964	Andesita-Basalto	An-ba	
206	V104	1471504	694779	Andesita-Basalto	An-ba	
207	V105	1471504	694728	Basalto	Ba	Falla N80°E
208	V106	1471504	694749	Basalto	Ba	
209	V107	1471504	694606	Roca silicificada	Rsi	
210	V108	1471504	694576	Toba	Tu	
211	V109	1471504	694431	Basalto	Ba	Falla N40°W
212	V110	1471504	694208	Cuaternario aluvial	Qal	
213	V111	1471504	693933	Basalto	Ba	
214	V112	1471504	693721	Basalto	Ba	
215	V113	1471504	693678	Basalto	Ba	
216	V114	1471504	693528	Basalto	Ba	
217	V115	1471504	693410	Basalto	Ba	
218	V116	1471504	693298	Basalto	Ba	
219	V117	1471504	693190	Roca silicificada	Rsi	
220	V118	1471504	693052	Roca silicificada	Rsi	
221	1	1471504	690800	Brecha	Br	
222	2	1471504	691900	Granodiorita	Grd	
223	3	1471504	693060	Andesita-basalto	An-ba	Falla N40°E
224	4	1471504	693400	Andesita-basalto	An-ba	
225	5	1471504	694800	Andesita-basalto	An-ba	
226	6	1471504	716660	Cuaternario residual	Qr	
227	7	1471504	715120	Cuaternario residual	Qr	
228	8	1471504	713878	Basalto	Ba	
229	9	1471504	713420	Basalto	Ba	
230	10	1471504	709880	Andesita	An	
231	11	1471504	709630	Cuaternario residual	Qr	
232	12	1471504	709300	Basalto	Ba	
233	13	1471504	709360	Basalto	Ba	
234	CV102	1471504	704094	Cuaternario residual	Qr	
235	CV103	1471504	704162	Andesita silicificada	An	
236	CV104	1471504	703335	Basalto-Andesita	Ba-an	
237	CV105	1471504	703225	Basalto-Andesita	Ba-an	
238	CV106	1471504	703496	Andesita	An	Falla N75°W
239	CV107	1471504	703728	Andesita	An	
240	CV108	1471504	704152	Andesita Porfiritica	Anpo	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
241	CV109	1471504	704499	Basalto	Ba	
242	CV110	1471504	703603	Granodiorita	Grd	
243	CV111	1471504	704725	Basalto-Andesita	Ba-an	
244	CV112	1471504	704794	Andesita	An	Falla N31°W
245	CV113	1471504	705047	Andesita	An	
246	CV114	1471504	705396	Andesita	An	
247	CV115	1471504	705619	Andesita	An	Falla N21°E
248	CV116	1471504	706284	Basalto	Ba	
249	CV117	1471504	706258	Basalto	Ba	Falla N80°W
250	CV118	1471504	706081	Basalto	Ba	
251	CV119	1471504	707000	Basalto	Ba	Falla N24°E
252	CV120	1471504	707295	Basalto	Ba	
253	CV121	1471504	707617	Basalto	Ba	
254	CV122	1471504	708026	Basalto	Ba	
255	CV123	1471504	708219	Cuaternario residual	Qr	
256	CV124	1471504	708782	Basalto	Ba	Falla N28°E
257	CV125	1471504	709322	Basalto	Ba	
258	CV126	1471504	709919	Basalto	Ba	
259	CV127	1471504	710338	Basalto	Ba	
260	CV128	1471504	710646	Basalto	Ba	
261	CV129	1471504	710979	Basalto	Ba	
262	CV130	1471504	711213	Andesita dacítica	An	
263	CV131	1471504	711435	Basalto	Ba	
264	CV132	1471504	711731	Basalto	Ba	Falla N33°W
265	CV133	1471504	712112	Basalto	Ba	
266	CV134	1471504	712395	Basalto-Andesita	Ba-an	
267	CV135	1471504	712969	Basalto	Ba	
268	CV136	1471504	713504	Cuaternario residual	Qr	
269	CV137	1471504	713751	Cuaternario residual	Qr	
270	CV138	1471504	713996	Cuaternario residual	Qr	
271	CV139	1471504	714392	Cuaternario residual	Qr	
272	CV140	1471504	714559	Cuaternario residual	Qr	
273	CV141	1471504	714961	Cuaternario residual	Qr	
274	CV142	1471504	715482	Cuaternario residual	Qr	
275	CV143	1471504	715979	Cuaternario residual	Qr	
276	CV144	1471504	716372	Cuaternario residual	Qr	
277	V119	1471504	712863	Cuaternario residual	Qr	
278	V120	1471504	713182	Cuaternario residual	Qr	
279	V121	1471504	713326	Andesita zeolítica	An	
280	V122	1471504	708653	Andesita-basalto	An-ba	
281	V123	1471504	709104	Andesita	An	
282	V124	1471504	709376	Andesita-basalto	An-ba	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
283	V125	1471504	709725	Andesita	An	
284	V126	1471504	709851	Andesita	An	
285	V127	1471504	710216	Andesita	An	
286	V128	1471504	709999	Cuaternario residual	Qr	
287	V129	1471504	710179	Andesita porfiritica	Anpo	
288	V130	1471504	710219	Cuaternario residual	Qr	
289	V131	1471504	710733	Cuaternario residual	Qr	
290	V132	1471504	711261	Cuaternario residual	Qr	
291	V133	1471504	712025	Cuaternario residual	Qr	
292	V134	1471504	712404	Cuaternario residual	Qr	
293	V135	1471504	712997	Cuaternario residual	Qr	
294	V136	1471504	713505	Basalto-Andesita	Ba-an	
295	V137	1471504	713939	Basalto	Ba	
296	V138	1471504	714031	Basalto	Ba	
297	V139	1471504	714450	Cuaternario residual	Qr	
298	V140	1471504	714814	Cuaternario residual	Qr	
299	V141	1471504	714959	Cuaternario residual	Qr	
300	V142	1471504	715044	Cuaternario residual	Qr	
301	V143	1471504	715370	Cuaternario residual	Qr	
302	V144	1471504	715920	Cuaternario residual	Qr	
303	V145	1471504	716155	Cuaternario residual	Qr	
304	V146	1471504	716511	Cuaternario residual	Qr	
305	CV145	1471504	702768	Cuaternario residual	Qr	
306	CV146	1471504	704677	Andesita	An	
307	CV147	1471504	704510	Andesita	An	
308	CV148	1471504	704373	Basalto-Andesita	Ba-an	
309	CV149	1471504	704325	Basalto	Ba	Falla N25°E
310	CV150	1471504	704369	Cuaternario residual	Qr	
311	CV151	1471504	704386	Cuaternario residual	Qr	
312	CV152	1471504	704280	Cuaternario residual	Qr	Falla E-W
313	CV153	1471504	703828	Cuaternario residual	Qr	
314	CV154	1471504	703350	Cuaternario residual	Qr	
315	CV155	1471504	703031	Riolita	Ry	
316	CV156	1471504	702926	Brecha	Br	
317	CV157	1471504	702942	Riolita	Ry	
318	CV158	1471504	702970	Riolita	Ry	Falla N72°E
319	CV159	1471504	702902	Andesita	An	
320	CV160	1471504	702868	Andesita	An	
321	CV161	1471504	702627	Andesita	An	
322	CV162	1471504	702483	Andesita	An	Falla N52°E
323	CV163	1471504	702521	Andesita - basalto	An-ba	
324	CV164	1471504	702689	Cuaternario residual	Qr	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
325	CV165	1471504	703333	Cuaternario residual	Qr	
326	CV166	1471504	704849	Basalto	Ba	
327	CV167	1471504	705130	Basalto - andesita	Ba-an	
328	CV168	1471504	705284	Basalto - andesita	Ba-an	
329	CV169	1471504	705674	Basalto - andesita	Ba-an	
330	CV170	1471504	705851	Andesita	An	
331	CV171	1471504	706009	Andesita	An	
332	CV172	1471504	706226	Cuaternario residual	Qr	
333	CV173	1471504	706292	Cuaternario residual	Qr	
334	CV174	1471504	706204	Cuaternario residual	Qr	
335	CV175	1471504	706103	Cuaternario residual	Qr	
336	CV176	1471504	706275	Cuaternario residual	Qr	
337	CV177	1471504	706456	Andesita	An	
338	CV178	1471504	706562	Cuaternario residual	Qr	
339	CV179	1471504	707091	Cuaternario residual	Qr	
340	CV180	1471504	700853	Riolita	Ry	
341	CV181	1471504	701054	Cuaternario residual	Qr	
342	CV182	1471504	701179	Basalto - andesita	Ba-an	
343	CV183	1471504	701397	Basalto - andesita	Ba-an	
344	CV184	1471504	701714	Roca silicificada	Rsi	
345	CV185	1471504	701746	Basalto silicificado	Ba	
346	CV186	1471504	701530	Basalto - andesita	Ba-an	
347	CV187	1471504	701731	Cuaternario residual	Qr	
348	CV188	1471504	701812	Cuaternario residual	Qr	
349	CV189	1471504	701905	Cuaternario residual	Qr	
350	CV190	1471504	701737	Cuaternario residual	Qr	
351	CV191	1471504	701628	Cuaternario residual	Qr	
352	CV192	1471504	701564	Cuaternario residual	Qr	
353	CV193	1471504	701723	Basalto - andesita	Ba-an	
354	CV194	1471504	702085	Brecha	Br	
355	CV195	1471504	701998	Ignimbrita	Ig	
356	CV196	1471504	701937	Cuaternario residual	Qr	
357	CV197	1471504	702132	Cuaternario residual	Qr	
358	CV198	1471504	702137	Basalto	Ba	Falla N30°E
359	CV199	1471504	702398	Cuaternario residual	Qr	
360	V147	1471504	704443	Basalto	Ba	
361	V148	1471504	705271	Basalto - andesita	Ba-an	Falla N40°E
362	V149	1471504	705510	Basalto - andesita	Ba-an	
363	V150	1471504	705748	Andesita brechosa	Anbr	
364	V151	1471504	705977	Basalto	Ba	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
365	V152	1471504	706511	Cuaternario residual	Qr	
366	V153	1471504	706979	Cuaternario residual	Qr	
367	V154	1471504	707034	Cuaternario residual	Qr	
368	V155	1471504	707061	Andesita - basalto	An-ba	Falla N37°W
369	V156	1471504	707076	Andesita	An	
370	V157	1471504	707344	Basalto	Ba	Falla N30°W
371	V158	1471504	707446	Cuaternario residual	Qr	
372	CV200	1471504	699490	Andesita	An	
373	CV201	1471504	699680	Cuaternario residual	Qr	
374	CV202	1471504	700106	Andesita	An	
375	CV203	1471504	700537	Andesita	An	
376	CV204	1471504	701004	Andesita	An	
377	CV205	1471504	701454	Roca silicificada	Rsi	
378	CV206	1471504	701623	Andesita porfirítica	Anpo	
379	CV207	1471504	701876	Andesita	An	
380	CV208	1471504	702154	Andesita	An	Falla N-S
381	CV209	1471504	702168	Andesita	An	
382	CV210	1471504	702210	Andesita	An	
383	CV211	1471504	699318	Andesita	An	
384	CV212	1471504	699388	Andesita	An	
385	CV213	1471504	699303	Cuaternario residual	Qr	
386	CV214	1471504	699481	Cuaternario residual	Qr	
387	CV215	1471504	699435	Cuaternario residual	Qr	
388	CV216	1471504	699787	Cuaternario residual	Qr	
389	CV217	1471504	699799	Cuaternario residual	Qr	
390	CV218	1471504	699706	Cuaternario residual	Qr	
391	CV219	1471504	699828	Basalto - andesita	Ba-an	
392	CV220	1471504	699954	Toba aglomeradica	Tuagl	
393	CV221	1471504	700027	Basalto - andesita	Ba-an	Falla N-S
394	CV222	1471504	700154	Basalto - andesita	Ba-an	
395	CV223	1471504	700384	Cuaternario residual	Qr	
396	CV224	1471504	700700	Roca silicificada	Rsi	
397	CV225	1471504	716648	Cuaternario residual	Qr	
398	CV226	1471504	716026	Cuaternario residual	Qr	
399	CV227	1471504	715826	Cuaternario residual	Qr	
400	CV228	1471504	715696	Cuaternario residual	Qr	
401	CV229	1471504	715412	Andesita	An	
402	CV230	1471504	714898	Andesita	An	
403	CV231	1471504	714358	Cuaternario residual	Qr	
404	CV231	1471504	712623	Cuaternario residual	Qr	

N°	CÓDIGO	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN DE CAMPO	SIMB.	OBSERV.
405	CV232	1471504	712183	Cuaternario residual	Qr	Falla E-W
406	CV233	1471504	712728	Cuaternario residual	Qr	
407	CV234	1471504	712502	Cuaternario residual	Qr	
408	CV235	1471504	711866	Cuaternario residual	Qr	
409	CV236	1471504	711406	Basalto -andesita	Ba-an	
410	CV237	1471504	711198	Basalto -andesita	Ba-an	
411	CV238	1471504	710560	Basalto -andesita	Ba-an	
412	CV239	1471504	710472	Basalto -andesita	Ba-an	
413	CV240	1471504	710500	Basalto -andesita	Ba-an	
414	CV241	1471504	710620	Cuaternario residual	Qr	
415	CV242	1471504	710799	Cuaternario residual	Qr	
416	CV243	1471504	710711	Basalto	Ba	Falla N39°E
417	CV244	1471504	710923	Cuaternario residual	Qr	
418	CV245	1471504	711396	Cuaternario residual	Qr	
419	CV246	1471504	711985	Cuaternario residual	Qr	
420	CV247	1471504	712426	Cuaternario residual	Qr	
421	CV248	1471504	712931	Cuaternario residual	Qr	
422	CV249	1471504	713403	Cuaternario residual	Qr	
423	CV250	1471504	713902	Cuaternario residual	Qr	
424	CV251	1471504	714444	Cuaternario residual	Qr	
425	CV252	1471504	714862	Cuaternario residual	Qr	
426	CV253	1471504	715263	Basalto - andesita	Ba-an	
427	CV254	1471504	715627	Basalto - andesita	Ba-an	
428	CX1	1471504	703344	Basalto	Ba	
429	CX2	1471504	703624	Basalto	Ba	
430	CX3	1471504	704090	Basalto	Ba	
431	CX4	1471504	704319	Riolita	Ry	
432	CX5	1471504	704668	Riolita	Ry	
433	CX6	1471504	704806	Riolita	Ry	
434	CX7	1471504	705085	Riolita	Ry	
435	CX8	1471504	705400	Riolita	Ry	
436	CX9	1471504	705704	Andesita	An	
437	CX10	1471504	705997	Andesita	An	
438	CX11	1471504	706203	Andesita	An	
439	CX12	1471504	706259	Basalto -andesita	Ba-an	
440	CX13	1471504	706517	Basalto -andesita	Ba-an	
441	CX14	1471504	706799	Basalto -andesita	Ba-an	
442	CX15	1471504	706970	Basalto -andesita	Ba-an	
443	CX16	1471504	706420	Basalto -andesita	Ba-an	

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Análisis petrográfico: 1

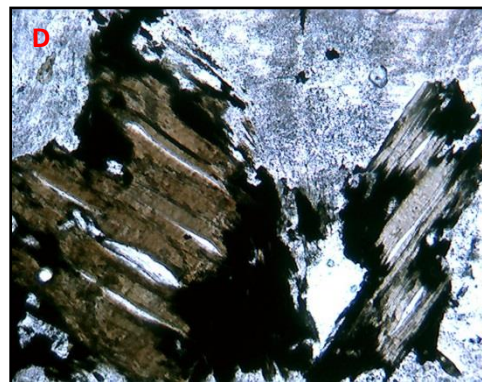
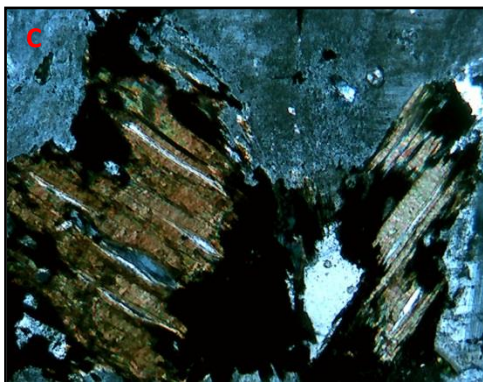
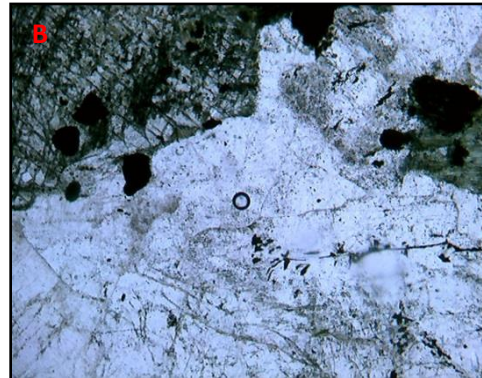
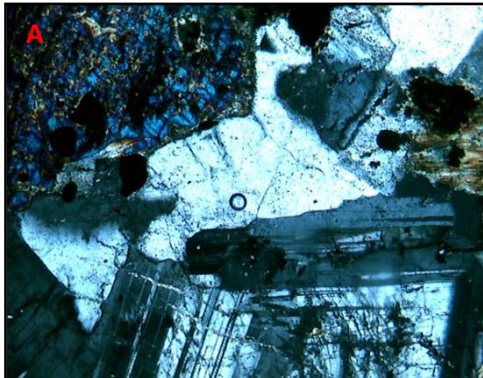
Código de campo: CV4

Ubicación: N147113 E694034

Nombre de campo: Granodiorita

Textura: Fanerítica Acumulada

Matriz: de grano medio a fino

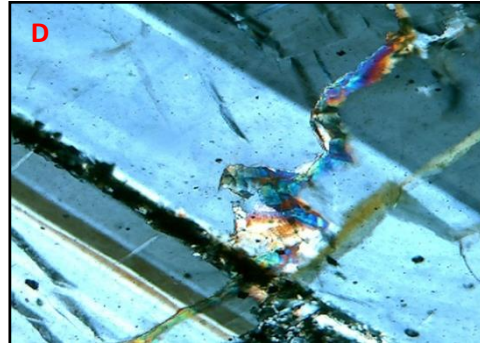
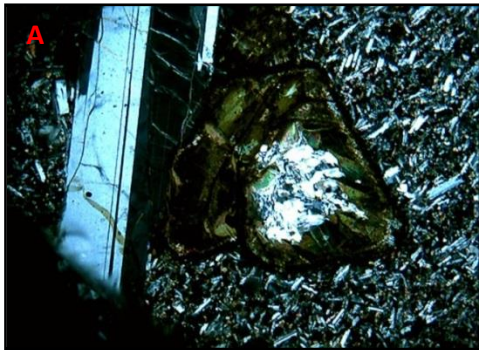


Nombre de la roca: Granodiorita alterada. A) Cristales de piroxenos, anfíboles y cuarzo, textura de mosaico acumulado, nicoles cruzados, aumento 10x. B) Misma que foto 1A nicoles paralelos, aumento 10x. C) Cristales subhedrales de biotita y hornblenda, opacos intersticiales, rodeados por cristales más grande de cuarzo, nicoles cruzados, aumento 10x. D) Misma que foto 1C nicoles paralelos, aumento 10x.

Composición de la roca:

- **Cuarzo:** Constituyen el 30% de la roca, son subhedrales a anhedrales, sobrecreciendo en ellos plagioclasas subhedrales, moderadamente alteradas.
- **Plagioclasas:** Constituyen un 25% de la roca, son subhedrales tabulares, algunas de estas plagioclasas están siendo alteradas a arcillas como illita/sericita.
- **Anfíboles:** Constituyen el 20% de la roca. La hornblenda se encuentra subhedrales y con alteración a opacos, semi destruidos y conjugándose con biotita, la cual también se presenta alterada a opacos.
- **Opacos:** Constituyen el 10% de la roca se encuentran diseminados, amorfos, finos y gruesos.
- **Piroxenos:** Constituyen el 10% de la roca, se observaron algunos cristales de piroxenos, fracturados y semi destruidos.
- **Biotita:** Constituyen el 5% de la roca, son subhedrales, se encuentra en una matriz silíceas de grano fino a medio.

Análisis petrográfico: 2
Código de campo: CV18
Ubicación: N1466958 E697150
Nombre de campo: Andesita porfírica
Textura: porfídica

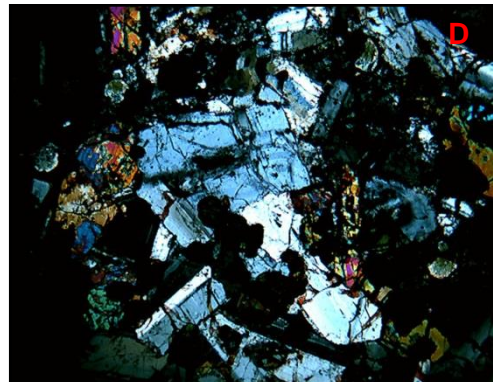
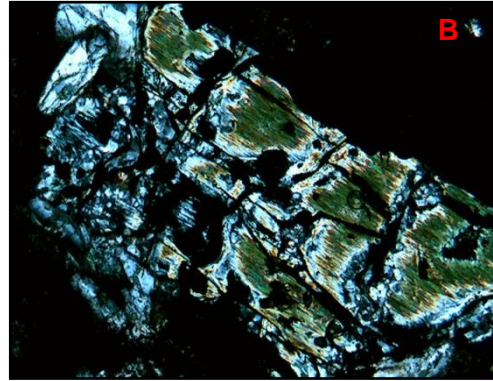


Nombre de la roca: Andesita porfírica. A) Cristal de piroxeno alterado a arcilla (marrón) en una matriz microgranular de cuarzo, aumento 10x. B) Fenocristal de plagioclasa en una matriz intergranular, aumento 4x. C) Fenocristal de plagioclasa con alteración a arcilla y actinolita, bordes de arcilla, aumento 4x. D) Fractura en plagioclasa rellena por actinolita, aumento 10x.

Composición de la roca:

- **Plagioclasas:** Constituyen un 50% en la roca, son subhedrales a euhedrales de gran tamaño, fracturados y relleno por arcilla.
- **Opacos:** Constituyen el 25% de la roca, diseminados en una matriz intergranular de microlitos de plagioclasas y en algunos piroxenos.
- **Arcillas:** Constituyen el 20% en la roca, las plagioclasas y piroxenos se encuentran alterados por illita / sericita.
- **Piroxenos:** Constituyen el 5% en la roca, los cristales de piroxenos se encuentran alterados a illita y a actinolita.

Análisis petrográfico: 3
Código de campo: CV58
Ubicación: N1456177 E690704
Nombre de campo: Andesita
Textura: Criptocristalina

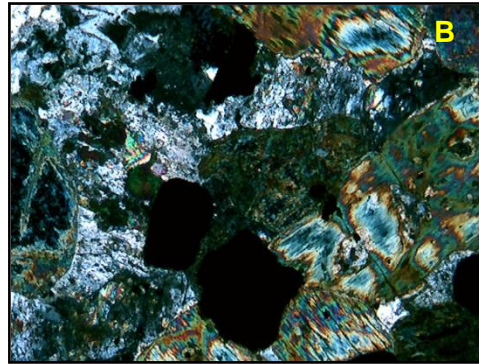
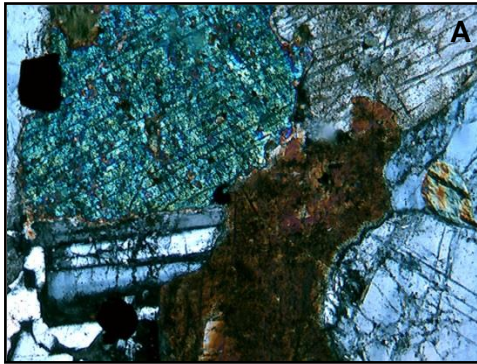


Nombre de la roca: Andesita Anfibólica. A) Vena rellena por cuarzo y consecuente por arcilla, alteración a hematita evidente, nicoles paralelos, aumento 10x. B) Cristales de anfíboles alterando sobre cuarzo fracturado, hematita y opacos presentes, aumento 10x. C) Cristales de plagioclasas zonadas fracturadas y alteradas incipientemente a cuarzo con desarrollo opaco, hematita y anfíbol, aumento 4x. D) Cristales de plagioclasas, piroxenos y anfíboles anhedrales intercrecidos en una matriz de mosaico con alteración de hematita a opacos, aumento 4x.

Composición de la roca:

- **Hematita:** constituye el 40% de la roca, se encuentra alterando a los anfíboles y piroxenos, también presente en la matriz criptocristalina, abundante hematización
- **Plagioclasas:** Constituye el 35% en la roca, son subhedrales, se encuentran zonadas, todas fracturadas rellenas por hematita
- **Anfíboles:** Constituye el 15 de la roca, subhedrales a anhedrales se presentan fibrosos alterados sobre cuarzo, plagioclasa y matriz
- **Piroxenos:** Constituye el 5% en la roca, son subhedrales a anhedrales, son escasos, presentándose alterados a hematita
- **Cuarzo:** Constituye el 5% en la roca, encontrándose finas venas de cuarzo calcedónico.

Análisis petrográfico: 4
Código de campo: CV110A
Ubicación: N1473565 E703603
Nombre de campo: Granodiorita
Textura: Holocristalina – inequigranular seriada

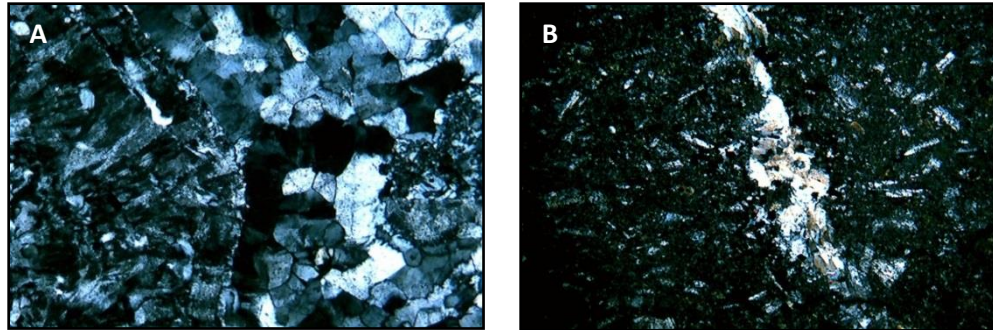


Nombre de la roca: Granodiorita. A) Cristales de piroxeno anhedral rodeado de actinolita, cuarzo y plagioclasa, aumento 10x. B) Cristales de actinolita alterando sobre penninita, cuarzo y plagioclasa, aumento 10x.

Composición de la roca:

- **Plagioclasas:** Constituidas por el 50% en la roca, se encuentra subhedrales, fracturados y medianamente alterados, zonadas pero la mayoría con macla polisintética
- **Cuarzo:** Constituye el 25 % en la roca, se presentan anhedrales, en forma de parches rellenando espacios intersticiales, teñidos
- **Anfíbol:** Constituye el 15% en la roca, la actinolita se presenta abundante, de subhedral a anhedral, con hábito fibroso típico, con colores de interferencia altos, creciendo generalmente en cuarzo y penninitas (clorita azul)
- **Piroxenos:** Constituye el 7% en la roca, (augita) de subhedral a anhedral, encontrándose típicamente fracturado, acumulados junto a cuarzo, plagioclasas y actinolita
- **Opacos:** Constituye el 3% en la roca, amorfos diseminados, poca cantidad.

Análisis petrográfico: 5
Código de campo: CV110B
Ubicación: N1473565 E703603
Nombre de campo: Andesita
Textura: Afanítica – equigranular



Nombre de la roca: Andesita Afanítica. A) Textura equigranular, presenta tres diferentes etapas de crecimiento de cuarzo en vena, semi radiado alargado en borde, granular acumulado en cuerpo de vena y acumulado microgranular post – crecimiento, aumento 10x. B) Vena fina de cuarzo en matriz afanítica, presentando minerales opacos en matriz, aumento 4x.

Composición de la roca:

- **Arcillas:** Constituye el 35% en la roca, se encuentra sobre microcristales de máficos, plagioclasas y cuarzo
- **Cuarzo:** Constituye el 30% de la roca, alterando microlitos de plagioclasas y rellenando espacios intersticiales, se encuentra una vena con diferentes etapas de crecimientos
- **Plagioclasas:** Constituye el 20% en la roca, presentándose en la matriz, presentando textura equigranular de microlitos de plagioclasas alterados a arcilla y poco menor a calcitas.
- **Opacos:** Constituye el 10% en la roca diseminados muy pocos en cubos, de amorfos a subredondeados
- **Otros:** Constituye el 5% conteniendo calcita y minerales máficos en parches, en partes de la roca se encuentra venas rellenas por calcita

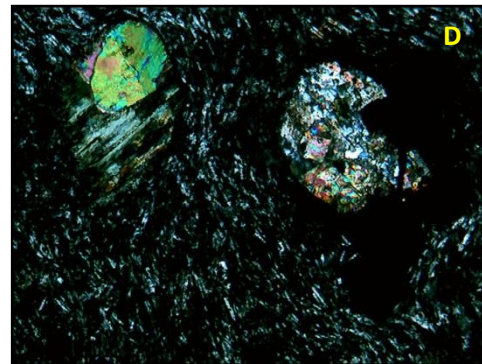
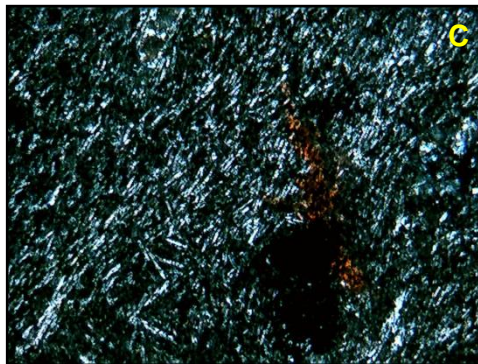
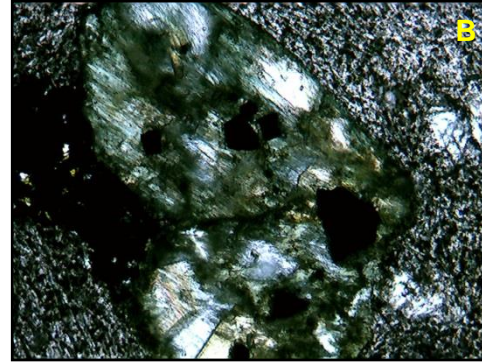
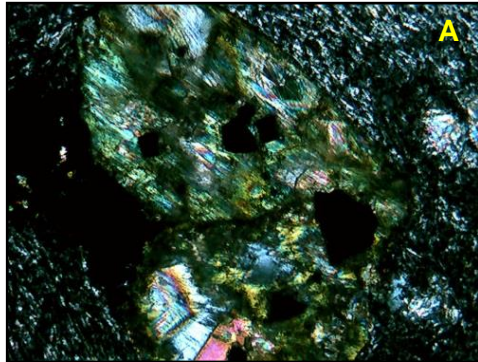
Análisis petrográfico: 6

Código de campo: CV117

Ubicación: N1471296 E706258

Nombre de campo: Basalto

Textura: Pilotaxítica

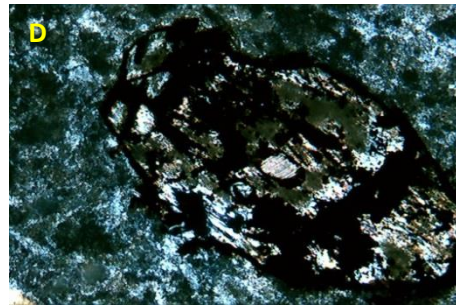
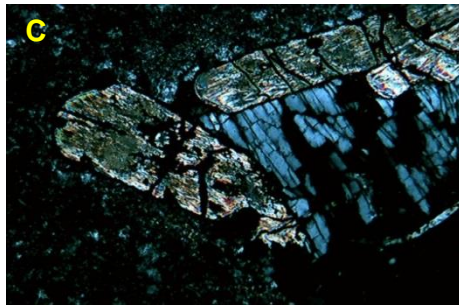
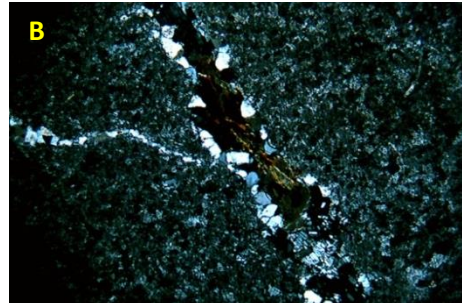
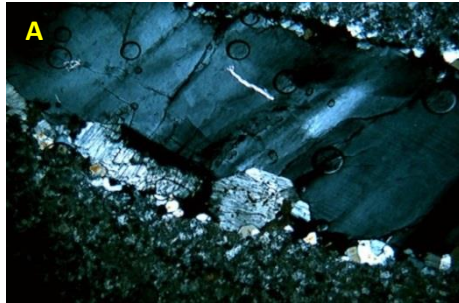


Nombre de la roca: Basalto. A) Cristales acumulados de actinolita y opacos en una matriz de microlitos de plagioclasas, opacos y arcillas de textura pilotaxítica, aumento 20x. B) misma descripción pero en nicoles paralelos, aumento 20x. C) Hematita alterando sobre matriz, aumento 10x. D) Cristales de cuarzo, olivino y anfíbol, en matriz de microlitos de plagioclase., aumento 10x.

Composición de la roca:

- **Plagioclasas:** Constituye el 45% en la roca, fenocristales de plagioclasas fracturados anhedrales alterados a arcilla
- **Opacos:** Constituye el 25% en la roca, encontrándose de finos a gruesos diseminados
- **Arcilla:** Constituido por el 20% en la roca, diseminada en toda la roca
- **Otros:** Constituido por el 10% en la roca por cuarzo, olivino y anfíboles, alterados a arcillas.

Análisis petrográfico: 7
Código de campo: CV184
Ubicación: N1463154 E701714
Nombre de campo: Roca silicificada
Textura: Criptocristalina

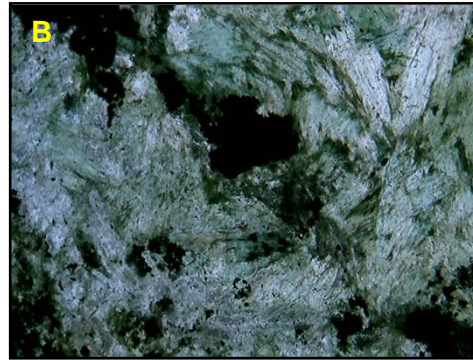
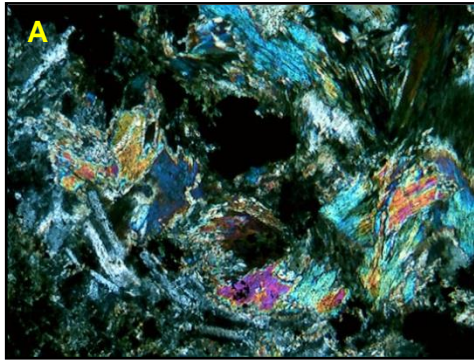


Nombre de la roca: Dacita Silicificada A) Vena rellena por cuarzo microgranular y, aumento 4x. B) Vena rellena por cuarzo microgranular y hematita alterado sobre este, aumento 4x. C) Cristales de actinolita y plagioclasa fracturados y semi destruidos, aumento 10x. D) Actinolita destruido casi completamente, alterado a opacos, hematita y arcillas, aumento 10x.

Composición de la roca:

- **Cuarzo:** Constituyendo el 80% en la roca, fenocristales de cuarzo subhedrales a anhedrales semi destruidos y fracturados, alterados a arcilla, hematita y opacos en una matriz de microlitos de cuarzo.
- **Otros:** Constituyendo el 20% en la roca, presentando anfíboles y arcilla, presentándose de manera alterada en la matriz.

Análisis petrográfico: 8
Código de campo: V7
Ubicación: N1472173 E691651
Nombre de campo: Basalto
Textura: Equigranular

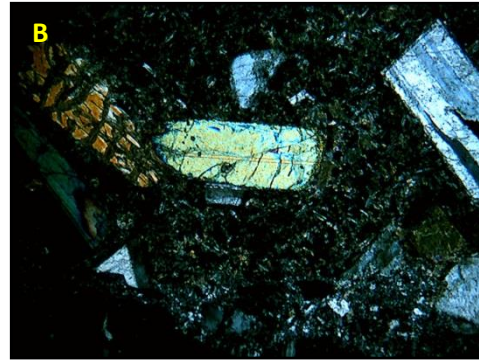
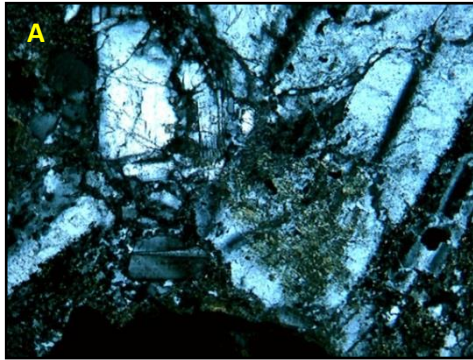


Nombre de la roca: Andesita Anfibólica – piroxénica. A) Cristales subhedrales de anfíbol fibroso, alrededor de una vena rellena de opacos, nicoles cruzados, aumento 10x. B) Misma imagen pero en nicoles paralelos, aumento 10x.

Composición de la roca:

- **Plagioclasas:** Constituyendo un 40% en la roca, textura equigranular de microlitos de plagioclasas, piroxenos, cuarzos y opacos, alterados a clorita y arcilla, los microlitos de plagioclasas se encuentran entrecruzados y alargados.
- **Anfíboles:** Constituyendo un 20% en la roca, se presentan cristales de hornblenda pleocroísmo de incoloro a verde.
- **Piroxenos:** Constituyendo un 15% en la roca, se encuentran alterados a arcilla, clorita y opacos.
- **Opacos:** Constituyendo un 10% en la roca se encuentran disseminados
- **Cuarzo:** Constituyendo un 10% en la roca, presentándose en venas de tamaño medio.
- **Otros:** Constituyendo un 5% en la roca, presentando clorita alterando a piroxenos y relleno de espacios intersticiales en la matriz presentándose así como arcilla clorítica. **Análisis petrográfico:** 9

Análisis Petrográfico: 9
Código de campo: V10
Ubicación: N1471788 E692750
Nombre de campo: Andesita
Textura: porfirítica

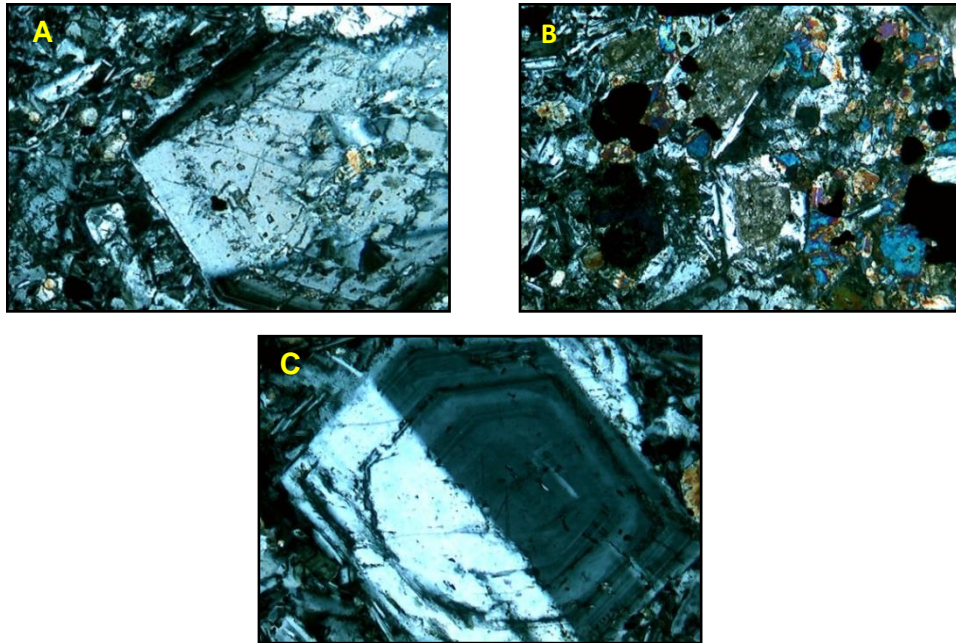


Nombre de la roca: Andesita. A) Plagioclasas con alteración a arcilla / clorita, aumento 10x. B) Fenocristales de plagioclasa, piroxenos y cuarzo en matriz de microlitos de plagioclasas, piroxenos, opacos y cuarzo, aumento 10x.

Composición de la roca:

- **Opacos y arcillas:** Constituye el 45% de opacos y el 20% de arcilla, la matriz es de grano fino y se encuentra alterada por opacos y arcilla
- **Plagioclasas:** Constituye el 20% de la roca, se encuentra subhedrales a euhedrales fracturas rellenas de arcilla
- **Otros:** Constituyendo el 15% en la roca, presenta cuarzo que se encuentra alterando sobre las plagioclasas y como cristal unitario. Se encuentra piroxeno subhedrales en fractura rellenas por arcilla, encontrándose leve cantidad de arcilla clorítica sobre las plagioclasas.

Análisis petrográfico: 10
Código de campo: V45
Ubicación: N1463897 E698795
Nombre de campo: Basalto
Textura: Fanerítica

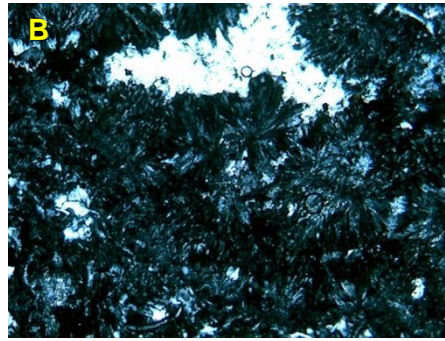
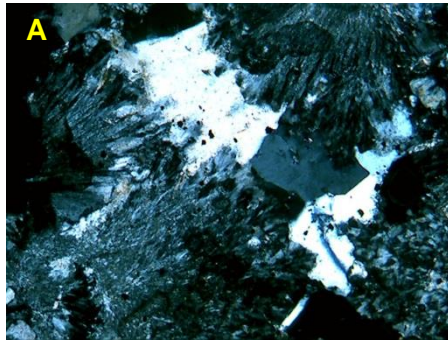


Nombre de la roca: Andesita fanerítica inequigranular bimodal. A) Plagioclasa zonada alterada a cuarzo. Aumento 10x. B) Acumulado cristalino de plagioclasas, cuarzo, piroxenos y opacos, aumento 10x. C) Plagioclasa zonada y macla microclina, aumento 20x.

Composición de la roca:

- **Plagioclasas:** Constituyendo el 60% de la roca, cristales de plagioclasa de subhedral a anhedral, tabulares mayoría de ellos zonados concéntricamente,
- **Cuarzo:** Constituyendo el 20 % en la roca
- **Piroxeno:** Constituyendo el 10% en la roca, cristales anhedrales subredondeados, a veces agrupados en cúmulos microcristalino medianamente fracturado y alterados, se encuentran dispersos en una matriz inequigranular bimodal de microlitos de plagioclasas y cuarzo intersticial
- **Otros:** contiene opacos subredondeados en la matriz, sericitizados sobre plagioclasas.

Análisis petrográfico: 11
Código de campo: V101
Ubicación: N1458316 E695106
Nombre de campo: Toba lítica
Textura: eutaxítica

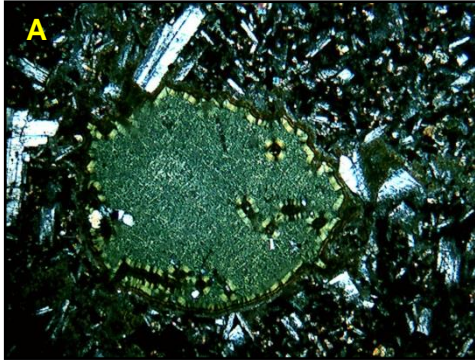


Nombre de la roca: Toba cristal lítica eutaxítica, A y B) Cristales de zeolita radiada en una matriz pilotaxítica, aumento 10x.

Composición de la roca:

Muestra con textura eutaxítica líticos alterados a hematita con matriz pilotaxítica de microlitos de plagioclasas alargados y cuarzo con forma de gusano. Se observa hilos de illita intersticial. Presenta una vena rellena por cuarzo granular, alterado a zeolita radiada (natrolita) así como, en la matriz.

Análisis petrográfico: 12
Código de campo: V129
Ubicación: N1473111 E710179
Nombre de campo: Andesita Porfírica
Textura: Porfírica



Nombre de la roca: Andesita porfírica A) Vesícula rellena por clorita, con arcilla en el borde, aumento 4x. B) Plagioclasa zonada con clorita intersticial, aumento 4x.

Composición de la roca:

- **Plagioclasa:** Constituyendo el 70% de la roca, presenta fenocristales de andesina euhedral, muchas de ellas fracturadas y alteradas, algunos con zonación concéntrica.
- **Piroxeno:** Constituyendo el 10% de la roca, contiene cristales de piroxenos de tamaño medio subhedrales, muchos se encuentran fracturados con ortopiroxenos en una matriz intergranular de microlitos con forma de listones
- **Otros:** Los bordes de los piroxenos se encuentra alterados con clorita presentándose en bordes de reacción y reemplazo parcial.