



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Departamento de Tecnología

**Cartografía geológica de la hoja topográfica Bocana de Paiwas serie 3154-II a  
semidetalle, escala 1:50,000.**

*Tesis Monográfica presentada como requisito final para optar al título de:*

Trabajo Monográfico para optar al Título de Ingeniero Geólogo

*Presentado por:*

- Br. Gabriel Natanahel Quedo Herrera.
- Br. Arturo José Pineda Aguilar.

*Tutor:*

- Ing. Sonia Pérez Vega.

*Asesores:*

- Msc Nelson Buitrago Trujillo.
- Ing. Javier Ernesto Pérez Olivas.

Managua, enero del 2021

## DEDICATORIA

*Br. Gabriel Quedo.*

A mis Padres, quienes, en su labor diaria como principales tutores en esta vida, han construido en mí un carácter basado en consejos y exhortaciones, es a ellos a quien dedico este trabajo porque siempre tuvieron la voluntad de apoyarme hasta convertirme en profesional, pues sé que esto es un orgullo para ellos ya que es fruto de su perfecta labor como Padres.

*Br. Arturo Pineda.*

A mi madre y a mi familia por estar, presente en las etapas más difíciles, manifestado a través de su solidaridad, apoyo, sus consejos, que han contribuido y animado a dar el mejor esfuerzo posible para lograr convertirme en profesional, lo cual para ellos sería sumamente orgulloso, ya que para ellos brinda un resultado exitoso.

## AGRADECIMIENTOS

*Br. Gabriel Quedo:*

A DIOS quien ha sido el dador de todo cuanto existe y quien ha proveído la Sabiduría e Inteligencia ya que únicamente brotan de Él, por su cuidado y oportunidades que exclusivamente Él nos regala, por haber puesto en nuestros caminos las personas correctas para cumplir con nuestras peticiones.

A mis Padres, quienes han brindado su apoyo incondicional y la paciencia en el trayecto desde que inicie la etapa académica desde preescolar, pues ha sido extenso el tiempo para culminar y gracias a su apoyo ha sido así.

A nuestro estimado Lic. Mario Esquivel, quien nos ha enseñado que todo en esta vida se puede, nos aconsejó a permanecer en calma y a confiar en que DIOS siempre responde, además de su apoyo y ayuda incondicional aun con su ardua labor como profesional.

Al Ing. Norman H. quien dio su aprobación y permiso al estar en las instalaciones.

A la Ing. Sonia Pérez ya que sus consejos y exhortaciones han servido para formar un carácter laboral y académico, además de la experiencia transmitida en el trabajo de campo ya que su labor es excelente.

A nuestro Asesor y Profesor Msc. Nelson Buitrago, quien con sus consejos y anécdotas abrió nuestra mente para aprender que en esta vida uno inicia desde cero, además de sus consejos donde el esfuerzo es lo principal para ser alguien en la vida.

A nuestro estimado amigo el Ing. Javier Pérez, quien con su apoyo y consejos en el ámbito laboral ha ayudado a la formación y toma de decisiones correctas, además de ser un gran amigo.

*Br. Arturo pineda:*

A mi madre por ser una amiga incondicional, por haberme traído a este mundo, por darme su apoyo en los momentos difíciles y extenuantes.

A nuestra tutora Ing. Sonia Pérez por su apoyo, así como sus consejos y enseñanzas para la realización de esta tesis

A nuestro asesor nelson Ing. Nelson Buitrago Trujillo por dedicarnos sus recomendaciones y tiempo a la contribuir redacción de este documento.

A nuestro amigo y asesor al Ing. Javier Pérez quien también contribuyo a la redacción de este documento y a su vez ha compartido su experiencia como un profesional comprometido eficazmente.

Al Lic. Mario Esquivel por compartir su tiempo en calidad de amigo y padre en brindarnos su apoyo, sus consejos, motivación en que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr en esta vida.

Al Ing. Norman Henríquez Blando que nos brindó su apoyo y permiso a realizar este trabajo, en la Dirección de Investigación Geológica (DIG).

## VALORACIÓN DEL TUTOR

Por este medio, doy certeza que los bachilleres *Gabriel Natanahel Quedo Herrera* y *Arturo José Pineda Aguilar* quienes presentan su tesis monográfica con nombre “Cartografía Geológica de la hoja topográfica Bocana de Paiwas serie 3154-II a semidetalle, escala 1: 50 000” para optar al título de Ing. Geólogo, sirviendo como tutora afirmo que se encuentran listos para el proceso final de dicha tesis.

---

Ing. Sonia Perez Vega

Tutora

## RESUMEN

Desde el 2008 el ministerio de energía y mina (MEM), a través de la dirección general de mina (DGM) en el departamento de investigación geológica minera (DIG), ha venido ejecutando el proyecto de Mapificación geológica a nivel de todo el territorio nacional, con el fin de realizar la investigación y confección de mapas geológicos a escala semidetallada 1:50 000, con énfasis a la exploración de nuevas áreas de depósitos minerales tanto del ámbito metálico como no metálico.

El levantamiento cartográfico Geológico, fue ejecutado en el cuadrángulo Bocana de Paiwas serie 3154-II, ubicado entre la región autónoma de la costa caribe sur RACCS, Boaco y Matagalpa, en base a la geomorfología, podemos determinar que geomorfológicamente el área fue dividida en unidades y sub unidades según su característica y formación.

En cuanto a la cobertura litoestratigráficas, está representada por el grupo volcánico Matagalpa, así como intrusivos ácidos y los depósitos residuales recientes (Qal, Qr), en el marco estructural, predominan las estructuras con rumbos NW-SE; NE-SW, de tipo regional, y la presencia de relictos de conos y calderas volcánicas, estos lineamientos se nombraron según la localidad en la que se observó, ejemplo de ella está la Falla Peñas Blancas, lineamiento El Ayote entre otras, indicando una actividad tectónica terciaria a la actualidad.

Para obtener los datos y el cumplimiento del estudio, se inició en la etapa de gabinete con la búsqueda de antecedentes en conjunto con la fotointerpretación, se realizaron dos visitas de campo al área que cubre la hoja topográfica y completamos el estudio con el procesamiento de los datos obtenidos.

# INDICE

CAPÍTULO I .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación .....	2
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 General.....	2
1.4.2 Específicos.....	2
1.5 Localización y vías de acceso.....	3
CAPÍTULO II.....	5
2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Marco Teórico .....	6
2.2.1 Geología de Centroamérica. ....	6
2.2.2 Geología estructural de Nicaragua. ....	8
2.2.3 Geología Regional de Nicaragua.....	9
2.2.4 Geología local.....	11
2.2.5 Marco Conceptual.....	12
2.3 Hipótesis .....	17
CAPÍTULO III .....	18
3.1 Diseño Metodológico .....	18
3.1.1 Tipo de Estudio.....	18
3.1.2 Área de Estudio .....	18
3.1.3 Universo y Muestra .....	18
3.1.4 Variables y Operacionalización de Variables.....	19

3.1.5 Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	19
3.1.6 Plan de procesamiento y análisis.....	20
CAPÍTULO IV .....	23
4.1 Análisis y Discusión de Resultados.....	23
4.1.1 Geomorfología.....	23
<i>Altimetría</i> .....	25
<i>Hidrografía</i> .....	25
<i>Análisis de las formas de drenaje</i> .....	25
<i>Unidades Geomorfológicas</i> .....	27
<i>Unidad de Ambiente Fluvial</i> .....	29
<i>Unidad de morfologías volcánicas</i> .....	33
4.1.2 Geología Local .....	40
4.1.3. Geología Estructural.....	52
Sistema Estructural de rumbo NW-SE .....	52
Sistema Estructural de rumbo NE-SW .....	53
CAPÍTULO V .....	55
5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones .....	56
5.3 Bibliografía.....	57
5.4 Anexos .....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. (a) Mapa topográfico de Bocana de Paiwas; municipios y asentamientos. ....</i>	<i>4</i>
<i>Ilustración 2. Marco geotectónico de América Central. ....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 3. Mapa de las Provincias Geológicas de Nicaragua Fuente: (SGM-MEDE MINAS). ....</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 4. Cizallamiento según la dirección de los esfuerzos, Fuente: (Aulados.net). ..</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 5. Tipo de falla según los esfuerzos, Fuente: (Geovirtual.).....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 6. Cuenca Hídrica Fuente (geologiaweb.com). ....</i>	<i>15</i>
<i>Fotografía 7. Mapa en proceso de foto interpretado. ....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 8. Mapa Altimétrico de Bocana de Paiwas Serie 3154-II .....</i>	<i>24</i>
<i>Fotografía 9. Cerro Tipilma .....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 10. drenaje sub paralelo regido por la falla Matiguas; drenaje dendritico sobre una base soida (basalto.).....</i>	<i>26</i>
<i>Fotografía 11. Loma el Rosario, Estructura denudada. ....</i>	<i>27</i>
<i>Fotografía 13. Terracetas en Loma El Pavón. ....</i>	<i>28</i>
<i>Fotografía 12. Loma El Pavón.....</i>	<i>28</i>
<i>Fotografía 14. Caserío Sn Juan, Lomas.....</i>	<i>29</i>
<i>Fotografía 15. Cauce Aluvial; Cauce fluvial con escarpe de depósitos Aluviales .....</i>	<i>30</i>
<i>Fotografía 16. Pequeña extensión de una llanura de Inundación. ....</i>	<i>31</i>
<i>Fotografía 17. Cerro el Esquirin,.....</i>	<i>32</i>
<i>Fotografía 18. Terraza de inundación .....</i>	<i>33</i>
<i>Fotografía 19. Cerro Peñas Blancas; Caldera Los Cerritos. ....</i>	<i>34</i>
<i>Fotografía 20. Caldera Tipilma .....</i>	<i>35</i>
<i>Fotografía 21. Flujo lávico de composición básica.. ....</i>	<i>36</i>
<i>Fotografía 22. Flujo lávico de composición básica.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 23. Mapa Geomorfológico de Bocana de Paiwas. ....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 24. Mapa de pendiente según DEMEK, 1972.....</i>	<i>39</i>
<i>Fotografía 25. Depósitos aluviales. ....</i>	<i>41</i>
<i>Fotografía 26. Suelo residual.....</i>	<i>42</i>

<i>Ilustración 27. Plagioclasas con clivaje común tipo Carlsbad.....</i>	43
<i>Fotografía 28. Flujo basáltico amigdaloidal rellena por zeolita clase natrolita. ....</i>	44
<i>Fotografía 29. Flujo basáltico .....</i>	44
<i>Fotografía 30. Cristales de Perovskita .....</i>	45
<i>Fotografía 31. Corte para banco de material con rocas de composición basáltica.....</i>	46
<i>Fotografía 32. Coloración generalizada.....</i>	47
<i>Fotografía 33. Recristalización estática .....</i>	48
<i>Fotografía 34. Cloritoide en Nícoles Paralelos. ....</i>	49
<i>Ilustración 35. Columna local. ....</i>	49
<i>Ilustración 36. Antiguo banco de material. ....</i>	50
<i>Ilustración 37. Correlación Estratigráfica.....</i>	51

### ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Operacionalización de Variables.....</i>	19
<i>Tabla 2. Clasificación de pendientes, DEMEK, 1972.....</i>	38

## CAPÍTULO I

### **1.1 Introducción**

Nicaragua ha sido explorada por pioneros geólogos en décadas pasadas, los resultados presentados en sus informes han sido la base de los estudios posteriores en la cartografía geológica.

La elaboración de esta tesis se llevará a cabo con el apoyo del Ministerio de Energía y Minas (MEM) a través de la Dirección General de Minas en la Dirección de Investigación Geológica con la elaboración de la cartografía geológica a escala 1:50 000.

El objetivo de ese trabajo monográfico es realizar la cartografía geológica semidetalle a escala 1:50 000 del Cuadrante Bocana de Paiwas serie 3154-II, enfocado en una representación y distribución de las unidades lito estratigráficas del área de estudio, las estructuras geológicas y localizar nuevos prospectos mineros.

A su vez este proyecto se espera que sea un aporte para la actualización geológica de Nicaragua, hacia futuras investigaciones relacionada en el ámbito de las geociencias, así como el desarrollo socioeconómico del país.

El estudio monográfico comprende el levantamiento geológico de 502.24 Km<sup>2</sup>, correspondientes al área total del mapa base topográfico, en el cual se analiza la geología del lugar, donde se incluyen aspectos básicos de un levantamiento geológico, como parámetros geomorfológicos, litológicos, estratigráficos, petrográficos, mineralógicos y estructurales.

Contiene un total de 247 muestreos sistemático de rocas y levantamientos específicos de litología, estructuras y morfología del terreno de estudio y patrón de drenaje obtenidos de la interpretación de fotografías aéreas, Imágenes LandSat, Imágenes de radar, ortofotomapas, mapa topográfico y etapas de campo.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El área de estudio se ubica en los departamentos de Matagalpa, Boaco y la Región Autónoma del Caribe Sur, una extensa región que geológicamente se localiza dentro de la Provincia Central de Nicaragua, la cual carece de estudios de geológicos.

Por tanto, la formulación del problema es la siguiente: La información existente en Bocana de Paiwas carece de información, debido a que las valoraciones realizadas por los geólogos fueron puntuales con un enfoque civil y no geológico.

## **1.3 Justificación**

Tomando en cuenta lo antes mencionado se decidió a realizar la Cartografía Geológica a semidetalle con una Escala 1:50 000 en el Cuadrante Bocana de Paiwas serie 3154-II, con el objetivo de determinar las unidades geomorfológicas, la litoestratigrafía, las estructuras geológicas. La principal finalidad consta en contribuir como antecedentes para futuros estudios mineros y académicos, prevé favorecer al primer rubro del país además de brindar empleos en las zonas rurales.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

- Realizar la cartografía geológica semidetallada a escala 1:50,000 del cuadrángulo Bocana de Paiwas serie 3154-II.

### **1.4.2 Específicos**

- Proponer las diferentes unidades Geomorfológica del área de estudio para describir sus agentes moldeadores.
- Caracterizar las unidades lito estratigráficas de la zona con el fin de presentarlas en un mapa geológico final.
- Identificar las estructuras geológicas presentes en el área de estudio.

### **1.5 Localización y vías de acceso**

El cuadrángulo Bocana de Paiwas se ubica entre los departamentos de Boaco, Matagalpa y Región Autónoma Caribe Sur, entre los municipios de Camoapa, Matiguás, Río Blanco y Bocana de Paiwas, a 221Km de la capital Managua.

Para acceder al terreno de la hoja topográfica, se hace uso de transportes públicos con una duración de 5 horas (*Ilustración 1*), se transita por la carretera panamericana en dirección a Boaco, y partiendo de este departamento en una ruta alterna se procede a viajar hacia río blanco, ya que este municipio se encuentra la carretera principal hacia el municipio de Bocana de Paiwas donde parten las rutas alternas. La accesibilidad a la zona estudiada es a través de carretera de segundo orden la mayoría transitable todo el año, así como caminos de herradura y a pie, los lugareños usan como vía alterna el río Grande de Matagalpa, el cual se transita en panga y barcazas.

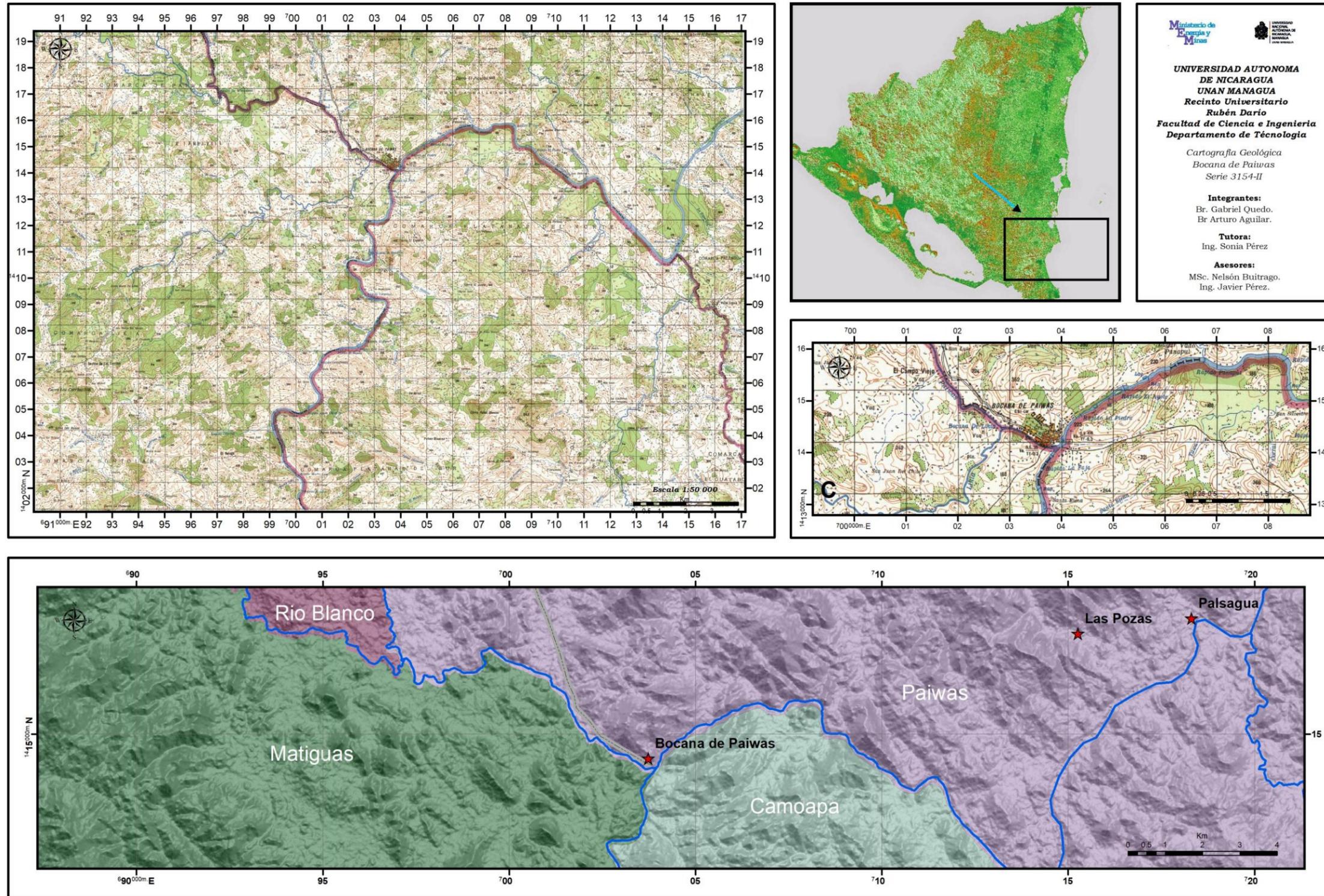


Ilustración 1. (a) Mapa topográfico de Bocana de Paiwas; (b) Mapa de Nicaragua indicando la ubicación del mapa; (c) disposición aumentada de la localidad de Bocana de Paiwas; Ilustración inferior indicando municipios y asentamientos.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 Antecedentes**

- *McBirney and Williams (1965-1969)*. Reconocieron tres grandes series diferenciadas unas de las otras por su contenido de rocas y su morfología o topografía para esta provincia. Este estudio permitió definir las series presentes en el área de estudio.
- *Hunting geology and Geophysics (1972)*. Señaló dos direcciones de fallas: La dirección NW-SE correspondiente a la alineación del rumbo de la cordillera Amerisque y la dirección NE-SW correspondiente al rumbo de la cordillera Isabelía, se refiere la existencia de una zona de transición en la zona elevada del interior del área central, la provincia del Sur y la región de la cabecera del río Grande de Matagalpa. Este informe es útil para la clasificación de las diferentes estructuras regionales en el área de estudio.
- *Hodgson G. (1982)*. Define dos grupos de rocas volcánicas, Pre-Matagalpa, destacando cinco unidades la mayoría de las rocas piroclástica y una unidad de rocas básicas y el grupo Matagalpa también de tipo volcánico efusivos, incluye también un mapa preliminar foto interpretado, donde delimitó contactos y estructuras con rumbo NE-SW y NW- SE. Útil para correlacionar la litoestratigrafía de las áreas adyacentes.
- *Hodgson G. (junio de 1982)*. Este informe destaca un estudio realizado en base a la fotointerpretación y corta etapa de campo que abarcó 9 cuadrantes topográficos: Río Saiz 3154-III, Matiguás 3154-IV, Kuskawas 3155-III, Yaoska 3155-IV, Río Iyas 3155-I, Río Wilike 3155-II, Cerro Musun 3154-I, Bocana de Paiwas 3154-II, Cerro Ubú 3254-IV. Estos se elaboraron en un periodo de 4 meses con un área aproximada de 4,500 km<sup>2</sup>. La documentación se basa en la búsqueda de puntos estratégicos para la construcción de la presa Boboke-Mojolka y Copalar.
- *Ministerio de Energía y mina (MEM), Dirección General de Mina (DGM), Dirección de Investigación Geológica (DIG) (2011)*. Presentando dos unidades de rocas volcánicas de tipo básico determinado por su morfología como la formación Río Mico compuesta principalmente por andesita y la unidad Río Saiz formada por rocas basáltica con morfología de cerros dómicos con suave a moderada pendiente enfocado en la litoestratigrafía y los rasgos estructurales de la zona de estudio.

- *Ministerio de Energía y mina (MEM), Dirección General de Mina (DGM), Dirección de Investigación Geológica (DIG (2017)). Destaca una cobertura litológica representada principalmente por rocas volcánicas Terciarias concernientes a los grupos, Matagalpa (Tomm) del Terciario inferior - Cretácico Superior y el grupo Coyol Formación basáltica (Tpcb) y unidad brechas, andesita y aglomerados (Tmca) del Mioceno-Plioceno.*

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 Geología de Centroamérica.**

Desde un punto de vista geológico, América Central presenta una gran geodiversidad que está controlada por su posición geotectónica. Se encuentra localizada en el frente de un borde convergente destructivo, formado por la subducción de la placa Coco y la placa Caribe. En su extremo norte se ubica también la placa de Norte América, separada de la placa Caribe por el sistema de fallamiento transcurrente sinestral denominado Polochic - Motagua. Además, la presencia de la placa Nazca en el sur, que está separada de la Caribe por la Zona de Fractura de Panamá (falla transcurrente dextral) (Dengo, 1985), forma un punto triple con las placas Caribe y Coco.

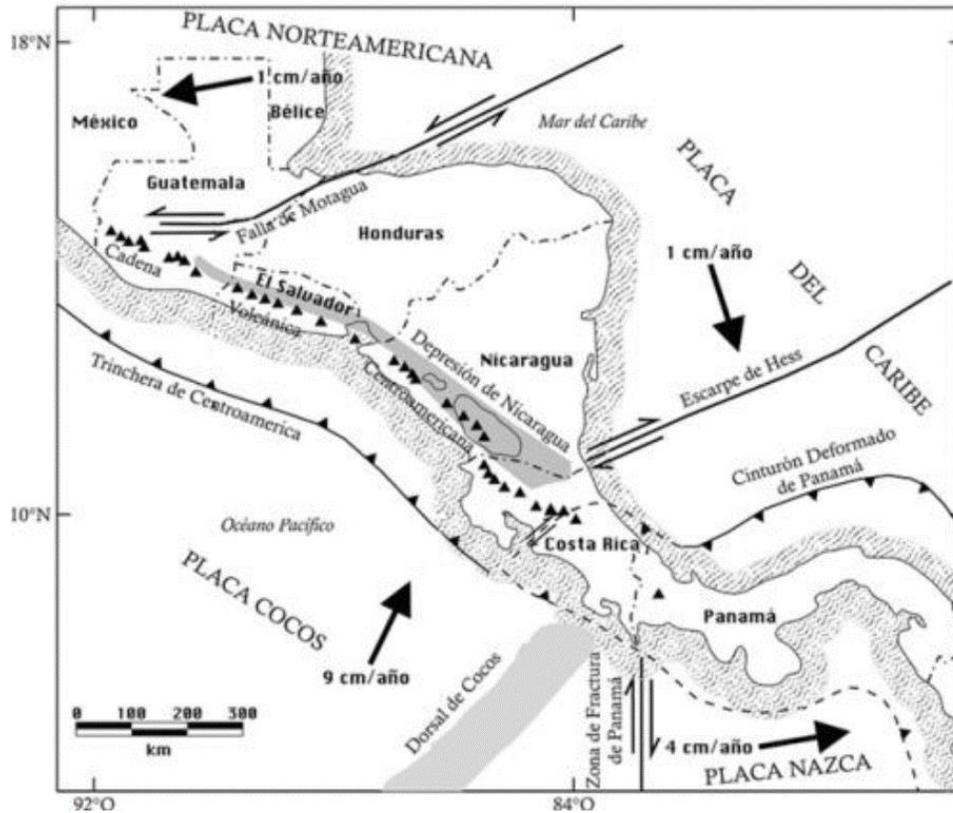
*Dengo (1985)*, Menciona que Centroamérica, se encuentra en el límite Oeste de la Placa Caribe, el cual se desarrolló en el Neógeno debido a la convergencia con la Placa Cocos donde la velocidad de convergencia es de aproximadamente 8 cm/año.

Los focos asociados con el mecanismo de subducción definen un buzamiento hacia el Noreste de la zona de Benioff, se extiende a profundidades mayores de 200 km por debajo de América Central. Dicho mecanismo de subducción es el que formó la estructura que conocemos como Fosa Mesoamericana (Dengo y Case, 1990).

Desde el punto de vista geológico estructural América Central, se divide en dos partes, una Septentrional y una Meridional. La región septentrional se divide en los bloques Maya y Chortis, cuyo límite es el sistema de fallas Polochic-Motagua y la meridional que comprende el bloque Chorotega (Dengo, 1968). El mismo autor en 1973 postula una hipótesis donde

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

divide a América central en tres bloques basado en la composición del basamento y rasgos morfológicos, así como tectónicos de cada uno de ellos.



*Ilustración 2. Marco geotectónico de América Central. Basado en De Mets (2001), Harlow y White (1985) y Guzman-Speziale (2001).*

**Bloque Maya:** El bloque Maya se encuentra ubicado al Norte de América Central en lo que conocemos como la península de Yucatán, parte de Guatemala, Belice y México al Oeste del istmo de Tehuantepec, (Donnelly, G.S. Horne 1990). En la parte Sur de este bloque afloran rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico temprano, incursionados por plutones del Pérmico-Triásico.

**Bloque Chortis:** Con basamento de corteza continental, cubre la parte Norte de Nicaragua, todo el territorio de Honduras, El Salvador y la parte Sur de Guatemala donde el límite es la Falla Polochic-Motagua. Este bloque está constituido por Rocas Metamórficas, entre las que destacan esquistos, anfibolitas, filitas, entre otras de edad Paleozoica; rocas plutónicas de edad Paleozoico-Mesozoico instruyen a las rocas metamórficas. A su vez las Rocas Metamórficas están sobre yacidas por rocas sedimentarias mesozoica-cenozoica. (Dengo y Case, 1990).

Bloque Chorotega: Está constituido por una secuencia ofiolítica, el basamento de origen oceánico abarca la parte Sur de Nicaragua, todo el territorio de Costa Rica y Norte de Panamá. Según *Denyer, et al. (2000)*, el bloque Chorotega tiene una actividad geológica constante reflejada por un vulcanismo activo constituido por rocas de alta densidad y espesores considerables, que varían desde basaltos masivos, basaltos en almohadillas, a rocas sedimentarias radiolaritas con intrusiones de diques y sills.

*Venable (1994)* propone al *micro bloque Siuna* como un área tectónica independiente del bloque Chortis y Chorotega, al que llamó Terreno Siuna. Originalmente esta área era atribuida al Bloque Chortis, sin embargo, Venable lo caracterizó como un terreno de arco de isla con características y depósitos minerales similares a los de Bloque Chorotega más que al Bloque Chortis, debido a la presencia de unidades de rocas ultramáficas.

### ***2.2.2 Geología estructural de Nicaragua.***

En Nicaragua los sistemas que constituyen los elementos estructurales más prominentes fueron agrupados en tres sistemas principales: NW-SE, NE-SW y N-S, de edades Terciario-Cuaternario (*Hunting, 1972*).

***Fallas NW-SE:*** Se ha señalado que estas fallas coinciden con el rumbo de la cordillera Amerrisque (*Hunting, 1972*) cubriendo principalmente las provincias del Norte y Central, las fallas son prominentemente normales o de gravedad. Se considera que Este sistema de fallas se formó como resultado de esfuerzos tensionales durante el Pleistoceno por la zona de subducción.

***Fallas NE- SW*** (*Hunting, 1972*), coincide con el rumbo de la cordillera Isabelia, son fallas de desplazamiento lateral (horizontal strike slip fault).

***Fallas N-S:*** Son estructuras transversales (transcurrente) a la cadena volcánica expresada en alineamientos de conductos volcánicos de Centroamérica, en Nicaragua estas fallas se desplazan a la cadena volcánica activa y han sido interpretadas como cizalladuras de primer orden. (*Hunting, 1972*).

### **2.2.3 Geología Regional de Nicaragua.**

Los diversos eventos geológicos proporcionan las características empleadas en la subdivisión del país. En 1976 Nicaragua fue dividida en 5 provincias geológicas, estas diferenciadas por su litología (Hodgson 1977), La Hunting en el año de 1972, dividió Nicaragua en 8 Provincias tomando criterios geomorfológicos, estratigráficos, geológicos tectónicos, histórica y económica.

Hodgson unifica los criterios de (McBirney, 1965; Hunting, 1972) determinando así las 5 provincias geológicas de Nicaragua que hasta la fecha se ha tomado en cuenta. (Hodgson. G, 2002), (Ilustración 3).

**Provincia del Norte:** Esta provincia se caracteriza por la ocurrencia de rocas metamórficas de edad Paleozoica, consideradas como las rocas más antiguas de Nicaragua, integradas por esquistos (Del Guidice, 1960). Instruidas por el batolito de Dipilto se han descubierto la presencia de filitas, mármoles, cuarcitas, gneises, (Garayar, 1971). También se señala la existencia de rocas sedimentarias agrupadas en las formaciones Metapán y Totogalpa.

**Provincia Central de Nicaragua:** (McBirney 1965) en el estudio de la Historia volcánica de Nicaragua, subdividió las rocas volcánicas de la Región Central en dos grandes grupos y un tercer grupo inferido subyacente, los dos superiores El Coyol y El Matagalpa fueron diferenciados uno del otro por la composición litológica y la geomorfológica (El Grupo Coyol con un relieve en mesas y mesetas escalonadas y el Matagalpa con relieves de cerros irregulares u ondulados, de topografía suave).

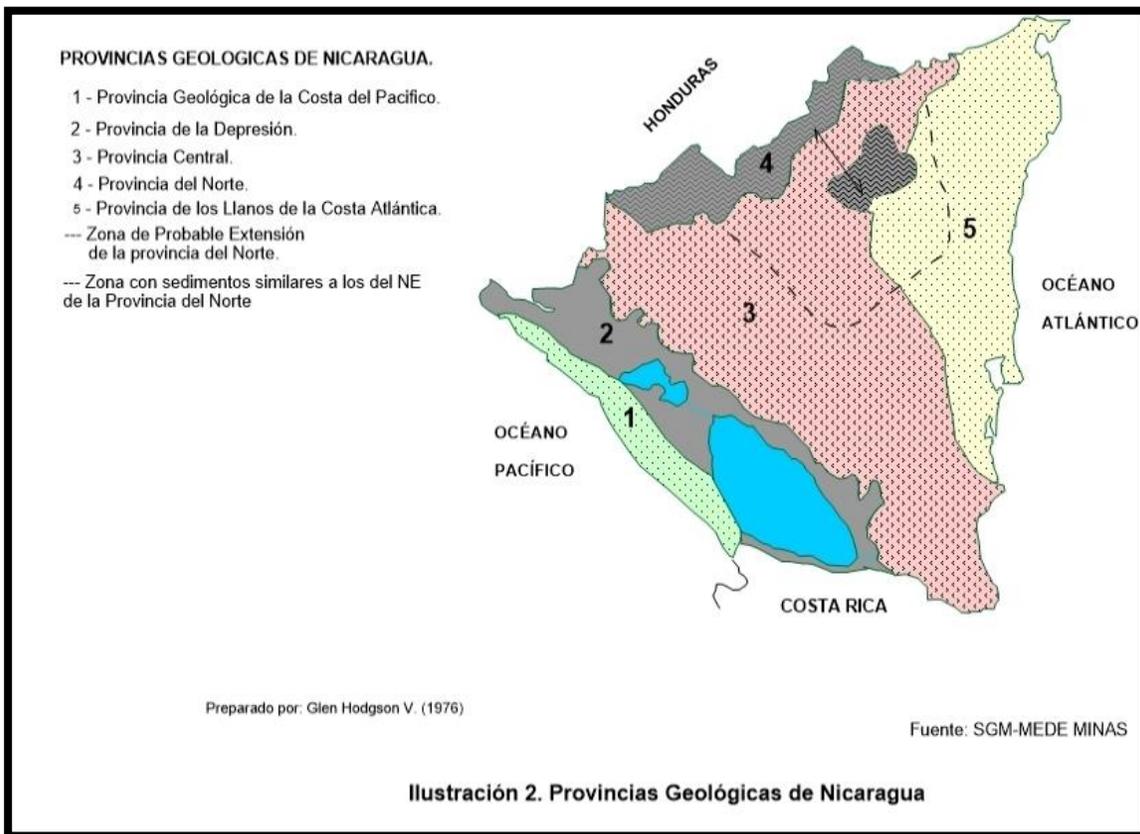
**Provincia de la Costa del Pacífico:** Se localiza en el margen Oeste de Nicaragua, en la parte occidental de la placa Caribe en el área de antearco del Pacífico y se extiende costa dentro hasta el graben. Se destacan 6 formaciones cuyas edades varían entre el Cretáceo Superior y Plioceno. Esta provincia tiene un claro predominio de rocas sedimentarias edad Cretácico con intercalaciones de lava, las rocas más predominantes son las calizas, areniscas, lutitas y limonitas (Zoppis y Guidice, 1958).

**Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica:** Esta provincia abarca la Cuenca de la Mosquitia, la Cuenca Costera y el Banco de Nicaragua. Geológicamente se han definido 5

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

formaciones y un miembro, (Hodgson, 2000) y se caracteriza por el predominio de rocas sedimentarias recientes del pleistoceno. Entre las formaciones principales de esta provincia tenemos Formación Bragman Bluff, Formación Martínez y por último Formación Mosquitia

***Provincia de la Depresión de Nicaragua:*** Se extiende desde el Golfo de Fonseca hasta el extremo sureste de Nicaragua. La geología que caracteriza la provincia son depósitos aluviales piroclásticos que están rellenoando la depresión formando un espesor aproximado de 2,000 m, (Hodgson, 2000) los depósitos piroclásticos se han agrupado en los Grupos las Sierras y Managua, (Kuang 1971)



*Ilustración 3. Mapa de las Provincias Geológicas de Nicaragua Fuente: (SGM-MEDE MINAS).*

### ***2.2.4 Geología local***

Litológicamente en el área se diferencia dos grupos de roca: un grupo pre-Matagalpa compuesto por 5 unidades: Matiguás (Tema) tratándose de sedimentos lacustres fosilíferos, Rio Wilike (TCrw) compuesto por sedimentos silíceos y lutito roja arcillosa, Rio Saiz (TCrs) constituido por basalto-aglomerado y lahar, Rio Blanco (TCrd) compuesto por sedimentos laharicos y tobáceos, Mosquiton (Tcmo) formada por andesita y tobas.

El segundo grupo denominado Matagalpa está compuesto por toba y sedimentos tobáceos (en la parte sur representa el comienzo de las actividades fisúrales del oeste del lago y por la parte norte la prolongación de suroeste de las actividades volcánicas de la cordillera Isabelia) y dos unidades del coyol inferior, la andesita aglomerática y la dacítica corresponde a las actividades volcánicas más recientes del área, provenientes de los centros volcánicos del cerro Kuskawas, Quirragua y Musún. La unidad (Tema) fosilífera marca el límite entre los dos grupos.

Estructuralmente el área fue escenario de diferentes episodios de varias actividades tectónicas, originando plegamientos en anticlinales y sinclinales destacando los del sur y noroeste del área en rocas Pre-Matagalpa y varios sistemas de fallas NW-SW y N-S, cuya trascendencia está registrada por la intersección de varias fallas de los sistemas NE-NW. Igualmente, la coincidencia del rumbo de las principales fallas, con las grandes estructuras regionales de Nicaragua, Centroamérica y el Caribe; sugiriendo una estrecha relación entre ellas. Los diversos centros eruptivos reflejan varios tipos de erupciones de la actividad ígnea.

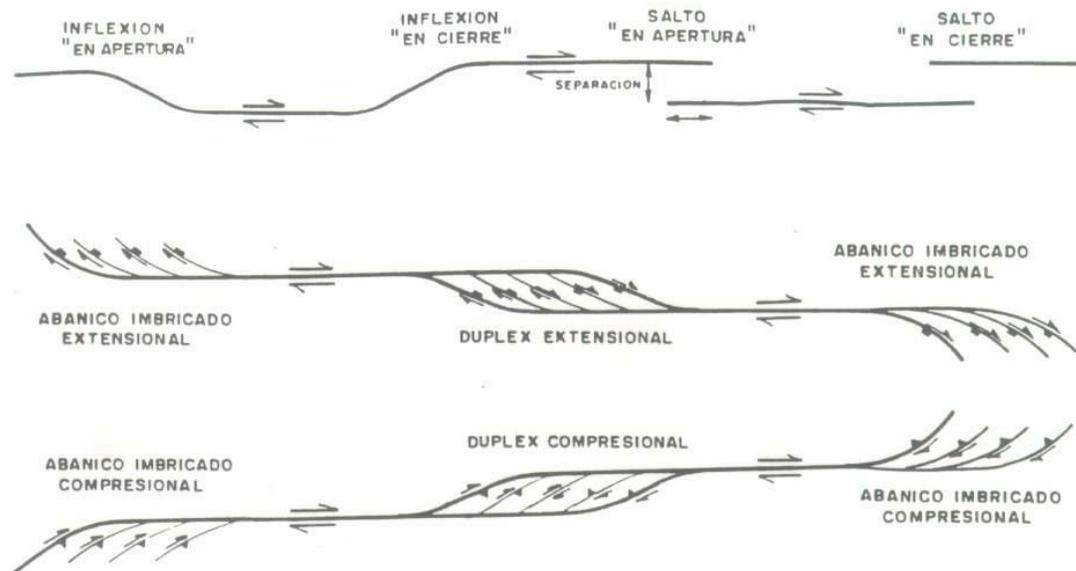
El área presenta una morfología muy diferente a la conocida para el occidente del país, influenciada por la actividad tectónica, las actividades geológicas externas y la litología. Las rocas volcánicas del Pre-Matagalpa son de edad de oligoceno y similares a la subdivisión inferior de las rocas del área occidental y central de Nicaragua.

La litología volcánica y la edad de las rocas del pre-Matagalpa aparentan estar más relacionada con las rocas de la provincia meridional que a la septentrional. Las deformaciones sufridas de las rocas volcánicas reflejan un enorme espesor para las diferentes unidades nunca visto en los materiales del occidente central de Nicaragua (Hodgson, G.1982).

### 2.2.5 Marco Conceptual.

La geología estructural es el estudio de las rocas deformadas (Spring, 1999). Las rocas revelan una historia de deformación que muestra que han aflorado de niveles mucho más profundos de la corteza. Los geólogos estructurales son los que se encargan del estudio de la arquitectura de la corteza terrestre, así como de la comprensión del cómo y por qué adquirió el aspecto que conocemos hoy en día estudiando la orientación de los pliegues y las fallas, así como los rasgos a pequeña escala de las rocas deformadas (Tarbuck, y Lutgens, 2005).

**Esfuerzo y Deformación** Esfuerzo (stress): Es la cantidad de fuerza que actúa sobre una unidad de roca y que como resultado de su acción la roca cambia de forma y/o volumen (UNAM, 2015). Los esfuerzos pueden ser originados por diversas causas (presión confinante, compresión, tensión y cizalla).



*Ilustración 4. Cizallamiento según la dirección de los esfuerzos, Fuente: (Aulados.net).*

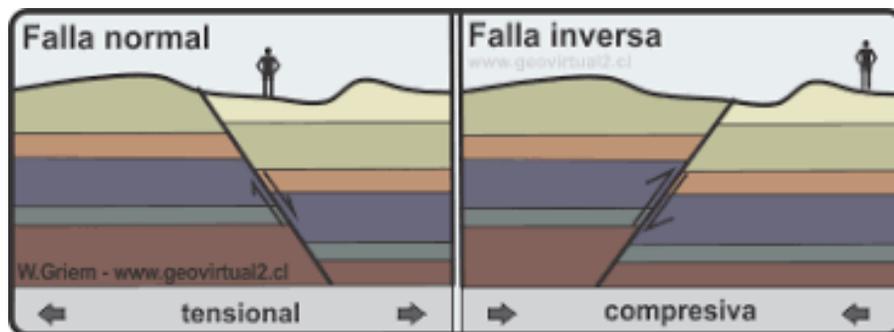
**Presión Confinante:** Con la profundidad aumenta la presión confinante y las rocas, que en la superficie son rígidas, en la profundidad pueden comportarse plásticamente. Así aumenta el esfuerzo de ruptura y se facilita la deformación dúctil.

- *Esfuerzos compresivos*: Son fuerzas colineales actuando en sentidos opuestos y convergentes; acortan y adelgazan un cuerpo. -*Esfuerzos tensionales*: Son fuerzas colineales actuando en sentidos opuestos y divergentes; jalan o alargan y adelgazan un cuerpo.
- *Esfuerzos de cizalla*: Son fuerzas paralelas no colineales actuando en sentidos opuestos; desgarran un cuerpo.

*Deformación*: Las rocas son sometidas a esfuerzos que superan su propia resistencia, se deforman normalmente plegándose, fluyendo o fracturándose, cada tipo de roca se deforma de una manera diferente, las rocas responden primero deformándose elásticamente. es decir la roca volverá prácticamente a su tamaño y forma originales cuando cese el esfuerzo. Cuando se sobrepasa el límite elástico de la roca esta fluye lo que se denomina como deformación dúctil o se fractura denominado como deformación frágil. Estos tipos de deformaciones van en dependencia de factores como el tipo de roca, la presión, temperatura, la disponibilidad de fluidos y el tiempo (Tarbuck, y Lutgens, 2005).

#### *Fallas y Fracturas*

Fallas: Representan diferentes tipos de respuesta por parte de las rocas a las tensiones impuestas en ellas, son superficies de fractura a lo largo de las cuales es apreciable o se ha producido un desplazamiento en las capas. Las fallas son consideradas como discontinuidades estructurales (Richard, 2004).



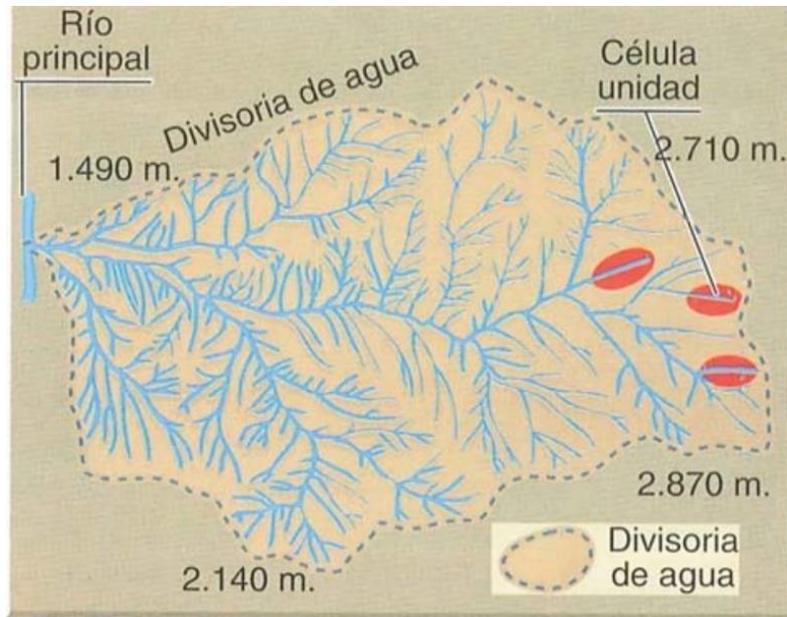
*Ilustración 5. Tipo de falla según los esfuerzos, Fuente: (Geovirtual.)*

Hay tres tipos de fallas fundamentales, clasificadas desde el punto de vista del esfuerzo que la generan: normal, inversa y de rumbo:

- *Fallas normales:* Las fallas con desplazamiento vertical se les denomina como fallas normales, el bloque de techo se desplaza hacia abajo en relación con el bloque de muro.
- *Fallas inversas y cabalgamientos:* Son fallas con desplazamiento vertical en las cuales el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque de muro, se denominan de cabalgamiento cuando el buzamiento es inferior a  $45^\circ$  (Tarbuck, y Lutgens, 2005), y tienen un desplazamiento de 1 a 10 km.
- *Fallas de Rumbo:* Es de cizalladura o transcurrente, el desplazamiento puede ser derecho o izquierdo dependiendo de lo que suceda con el bloque del frente, cuando un observador mira desde el otro bloque, si aquel se desplaza a la derecha, la falla será de rumbo dextrógiro y si lo hace hacia la izquierda, la falla será de rumbo levógiro o sinextrógiro.

*Fracturas:* Bajo el campo de la deformación frágil las rocas se rompen conforme a superficies más o menos planas, a estas superficies de ruptura se les denominan fracturas, cuando no se aprecia un desplazamiento entre los dos ámbitos definidos por la superficie de discontinuidad en sentido paralelo a la propia superficie.

*Cuenca Hidrográfica y Redes de Drenaje:* El conjunto de cursos de agua que circulan vertiente abajo desde el punto donde empezaron a fluir sobre la superficie terrestre se conoce como sistema de drenaje (*Ilustración 5*). Este se compone de una red ramificada de canales fluviales que recogen el agua superficial y de las vertientes que tributan en ellos. Todo el sistema está delimitado por la divisoria de aguas que contornea la cuenca hidrográfica. El mayor factor erosivo es el agua, los periodos lluviosos en la zona tienden a ser mayores que la parte pacifico del país, las lluvias son leves a constantes en periodos de 9 meses, dando un corto tiempo donde se da la temporada caliente (verano). las constantes lluvias y los procesos erosivos son notorios a como se observará en los ambientes de denudación.



*Ilustración 6. Cuenca Hídrica Fuente (geologiaweb.com).*

#### *Redes de Drenaje*

- Drenajes dendríticos: tiene un patrón extendido similar a un árbol con una ramificación irregular de afluentes en muchas direcciones y en casi cualquier ángulo.
- Drenajes paralelos: muestra corrientes principales regularmente espaciadas y más o menos paralelas con afluentes que se unen en ángulos agudos.
- Drenajes enrejados: posee una dirección de drenaje dominante con una dirección secundaria paralela, de modo que los afluentes primarios se unen a las corrientes principales en ángulo recto y los afluentes secundarios corren paralelos a las corrientes principales.
- Drenajes radiales: tiene corrientes que fluyen hacia afuera en todas las direcciones desde un tracto elevado central.
- Drenajes rectangulares: muestra una red perpendicular de corrientes con afluentes y corrientes principales unidas en ángulo recto. Es menos regular que el drenaje del enrejado y está controlado por articulaciones y fallas geológicas.
- Drenajes angulares: es una variante del drenaje rectangular y ocurre cuando las juntas o fallas geológicas se unen entre sí en ángulos agudos u obtusos en lugar de en ángulos rectos.

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

- Drenajes anulares: tiene corrientes principales dispuestas en un patrón circular con corrientes subsidiarias que se encuentran en ángulo recto con ellas.
- Drenajes centrífugos: es similar al radial y ocurre donde, por ejemplo, se desarrollan canales en el interior de meandros.
- Drenajes centrípetos: El drenaje centrípeto tiene todas las corrientes que fluyen hacia el punto central más bajo en un piso de la cuenca sedimentaria.
- Drenajes distribuidos: tipifica los ríos que desembocan en las estrechas gargantas de las montañas y corren sobre llanuras o valles, particularmente durante inundaciones ocasionales cuando sobrepasan sus orillas.

*Terraza Fluvial y Aluvial.*

Una terraza fluvial marca la posición de la llanura de inundación antigua que se desarrolló cuando el río corría a un nivel superior. Generalmente consiste en una grada sobre la ladera del valle, cubierta por los depósitos normales de la llanura aluvial: arcilla, arena y grava. Las terrazas se pueden desarrollar:

- Por rejuvenecimiento de la red fluvial, causando una erosión a través de la llanura de inundación existente, y el desarrollo de una nueva, a un nivel inferior. Este tipo es simétrico, siempre y cuando las terrazas estén al mismo nivel, a ambos lados de la corriente.
- Como resultado de la formación de meandros durante la etapa erosiva del río, dando lugar a terrazas con distinto nivel a cada lado del río (asimétrica).
- Cuando el río ha desarrollado una llanura de inundación a un nivel transitorio debido al desarrollo de un lago en su cauce – o cuando se encuentra una capa de roca resistente a lo largo de una considerable distancia que inhibe la erosión de la cuenca. Cuando se destruye el nivel de base local por drenaje del lago o la penetración ocasional de un lecho resistente, las terrazas conservarán evidencia de su existencia anterior.

*Ambiente Fluvial*

El agua es el agente geológico más importante en la erosión, transporte y depósito de sedimentos. Casi cualquier paisaje terrestre muestra los resultados del trabajo geológico de

las corrientes de agua. Los relieves modelados por la acción de las aguas corrientes se denominan relieves fluviales, para distinguirlos de los originados por los otros agentes modeladores (hielo, olas, viento). En el momento actual, los relieves y procesos fluviales son los elementos dominantes en las superficies continentales.

El flujo superficial, hipodérmico y subterráneo tributan, con el tiempo, a un torrente o curso fluvial, una forma de escorrentía más rápida y que concentra una mayor cantidad de agua. Definimos corriente como una estrecha y larga depresión o canal por donde el agua se desplaza pendiente abajo bajo la influencia de la gravedad. Las corrientes fluviales abarcan desde un pequeño arroyo a un gran río.

#### *Morfología volcánica.*

Francis & Oppenheimer (1993) proponen una clasificación en 4 morfologías volcánicas para volcanes poli genéticos:

*Conos simples:* son aquellos volcanes con forma cónica que poseen un único conducto y centro de emisión, usualmente asociado a un cráter pequeño y lavas en la cumbre.

*Conos compuestos:* poseen más de una etapa evolutiva a lo largo de su existencia, la que puede estar evidenciada por colapsos y migración de los centros de emisión (sin perder simetría radial).

*Volcanes múltiples (compound volcanoes):* corresponden a macizos con múltiples conos, sin perder su identidad individual.

*Complejos volcánicos:* conjunto de centros de emisión y sus productos, asociados espacial, temporal y genéticamente.

### **2.3 Hipótesis**

Bocana de Paiwas será un área de posibles nuevos prospectos para la extracción de materias primas (Metálicas/No Metálicas), lo que proveerá condiciones de trabajo a las comarcas de la hoja topográfica. Esto se debe a que su localización está cercana a distritos mineros como: Distrito minero de La Libertad, distrito de Quisilala y el distrito de Kuikuinita, quienes siguen vigente en la extracción de Au y Ag.

## CAPÍTULO III

### **3.1 Diseño Metodológico**

#### ***3.1.1 Tipo de Estudio***

El estudio se realizó bajo un enfoque mixto, ya que consistió en la descripción, especificación y análisis que aborda al describir tanto cualidad como cantidad de las unidades litológicas, fallamiento, diaclasas, diques, alteraciones hidrotermales, etc.

#### ***3.1.2 Área de Estudio***

La zona de estudio se ubica en la parte Centro-Este de Nicaragua, donde se ha referido en términos geológicos como Volcanismo Terciario o Región Central, El cuadrante al que se hace referencia adquiere el nombre de Bocana de Paiwas ya que el área del mapa abarca todo este municipio, el mismo se distingue por poseer región de 2 departamentos diferentes (Matagalpa y Boaco) y la Región Atlántico Costa Caribe Sur (RACCS) a quien pertenece el municipio.

Está limitado por las siguientes municipalidades:

- Norte: Municipio Siuna.
- Sur: Municipios de El Rama y Camoapa.
- Este: Municipios de La Cruz de Río Grande y El Tortuguero.
- Oeste: Municipios de Matiguás y Rio Blanco.

#### ***3.1.3 Universo y Muestra***

***Universo:*** Cuadrante Bocana de Paiwas serie – 3154II

***Muestra:***

- Unidades litoestraigrafcas.
- Alteraciones hidrotermales.
- Fallas.
- Fracturas.

### 3.1.4 Variables y Operacionalización de Variables

*Tabla 1. Operacionalización de Variables.*

<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Variable Conceptual</i>	<i>Sub variables o Dimensiones</i>	<i>Variable Operativa o Indicador</i>	<i>Técnica de recolección de Datos e Información</i>
Determinar las diferentes unidades geomorfológicas del área de estudio.	Condiciones o factores de procesos geomorfológicos	Características geomorfológicas	Descripción física de las unidades.	Descripción visual de campo
Caracterizar las unidades litoestratigráficas de la zona.	Caracterización de las unidades.	Composición litológica de las rocas.	Distribución y clasificación de rocas del sitio contactos litológicos.	Anotaciones en libreta de campo.
Identificar las estructuras geológicas presenten en el área de estudio.	Clasificación estructural y disposición estratigráfica de las rocas	Indicadores cinemáticos.	Fallas, fracturas, rumbo, buzamiento,	Mediciones con brújulas y observación de campo a través de la discusión.

### 3.1.5 Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.

En la realización del mapa geológico, se ejecutaron procedimientos para recolectar datos seguido de una serie de pasos que serán descritos en el siguiente orden:

#### 3.1.5.1 Procedimiento para la recolección de datos.

Se procedió a consultar la información de documentos, informes, mapas, existentes en el CEDOC, se foto interpretará el cuadrángulo Bocana de Paiwas Serie 3154-II mediante fotografías aéreas a escala 1: 40 000 adquiridas en INETER a través del MEM-DGM, se ejecutó trabajo de campo programando ruta marchas.

Se usó una libreta de campo en la que se tomaron los apuntes recolectados con las herramientas de trabajo (GPS y brújula para obtener rumbo y buzamientos de estructuras con sus coordenadas, cámara fotográfica para captar afloramientos y características geomorfológicas, etc.). Por consiguiente, se seleccionaron las rocas de interés recolectadas para realizar secciones delgadas y proceder a su análisis en el microscopio.

### ***3.1.6 Plan de procesamiento y análisis.***

En esta etapa la secuencia de eventos para procesar y analizar los datos fue el siguiente:

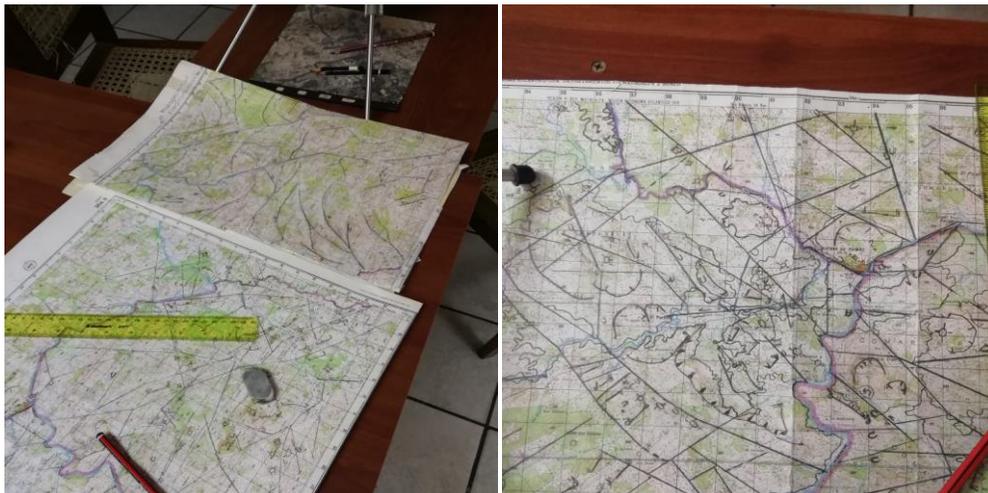
- **Etapa de gabinete:**

#### *Recopilación de la Información.*

Se realizó la búsqueda de antecedentes del cuadrángulo Bocana de Paiwas serie 3154-II en el centro de documentación del Ministerio de Energía y Minas (MEM), se hizo uso de dicha hoja topográfica escala 1:50 000, perteneciente al área de estudio, también se usó fotografías aéreas a escala 1:40 000 obtenidas del instituto nicaragüense de estudios territoriales (INETER), así como imágenes satelitales y de radar.

#### *Fotointerpretación.*

Se realizó el análisis y procesamiento de la información obtenida a través de las fotografías aéreas, imágenes satelitales y de radar, con el objetivo de efectuar el mapa foto interpretado,



*Fotografía 7. Mapa en proceso de foto interpretado.*

representando los elementos geo estructurales y morfológicos observados en la fotointerpretación (*Fotografía 7*).

- **Etapa de campo.**

En la etapa de campo, se realizó un mapa de ruta marcha para la verificación de los elementos geo estructurales obtenidos a través de la fotointerpretación, obteniendo datos en los afloramientos durante el recorrido del área.

Durante los levantamientos de los datos, se efectuó la descripción visual macroscópica de los elementos geológicos observados en un total de 274 puntos de muestreo (*ver tabla en anexos*), se recolectaron muestras para los respectivos análisis.

Con respecto a los rasgos estructurales se tomaron mediciones de rumbo y buzamiento y sus indicadores cinemáticos en los afloramientos para la identificación de fallas, fracturas, estratos, diques.

La descripción geomorfológica tomó en cuenta las diferentes formas fisiográficas del relieve como por ejemplo estructuras circulares, estructuras lineales, domos, conos, etc.

*Equipo de campo.*

Se utilizó un Estereoscopio propiedad del MEM, fotografías aéreas y satelitales obtenidas por el INETER, estuche geométrico, mapa topográfico, brújula, GPS, lápices, libreta de campo, bolsas de muestra, marcadores, termómetro (aguas termales), cámara, lupa, cinta métrica, piqueta, mazo, HCl.

- **Procesamiento de datos.**

*Análisis Geomorfológico.*

Para proceder a esta etapa, se realizó un mapa altimétrico para diferenciar las altitudes pertenecientes del relieve, se clasificaron las formas del drenaje ya que estas están regidas por la litología y estructuras que inciden en el terreno (Fallamiento Regional).

Los sistemas fluviales generan sub unidades así como los depósitos volcánicos, estos crean relieves en dependencia de la zona de depositación en conjunto con la pendiente.

*Análisis Estructural.*

Para este proceso se caracterizaron ciertas estructuras identificadas en la fotointerpretación que inciden regionalmente en la zona, si bien sabemos, el ascenso de fluidos hidrotermales, así como magmas se dan en estas zonas débiles (Fallas o Fracturas).

*Análisis Litológico.*

En esta etapa se describió macroscópicamente las rocas in situ, se tomaron las muestras más significativas para su análisis petrográfico, este análisis consta de la observación en las características emitidas por los fenocristales en las secciones delgadas y de esta manera finalizar con su clasificación.

- **Elaboración del mapa final.**

Se utilizaron las herramientas que brinda ArcGIS en su versión 10.5 ya que este programa permitió el procesado de los datos y análisis de los objetivos planteados.

## CAPÍTULO IV

### **4.1 Análisis y Discusión de Resultados**

#### ***4.1.1 Geomorfología***

En este capítulo se clasificaron las formas del relieve, para identificar las unidades geomorfológicas se realizó un pequeño estudio hidrográfico ya que las formas del drenaje dependen de la litología y la forma del relieve que predomina, estas redes de escorrentía crean ambientes de denudación, depósitos aluviales, fluviales y coluviales, así como las formas generadas por el vulcanismo regional.

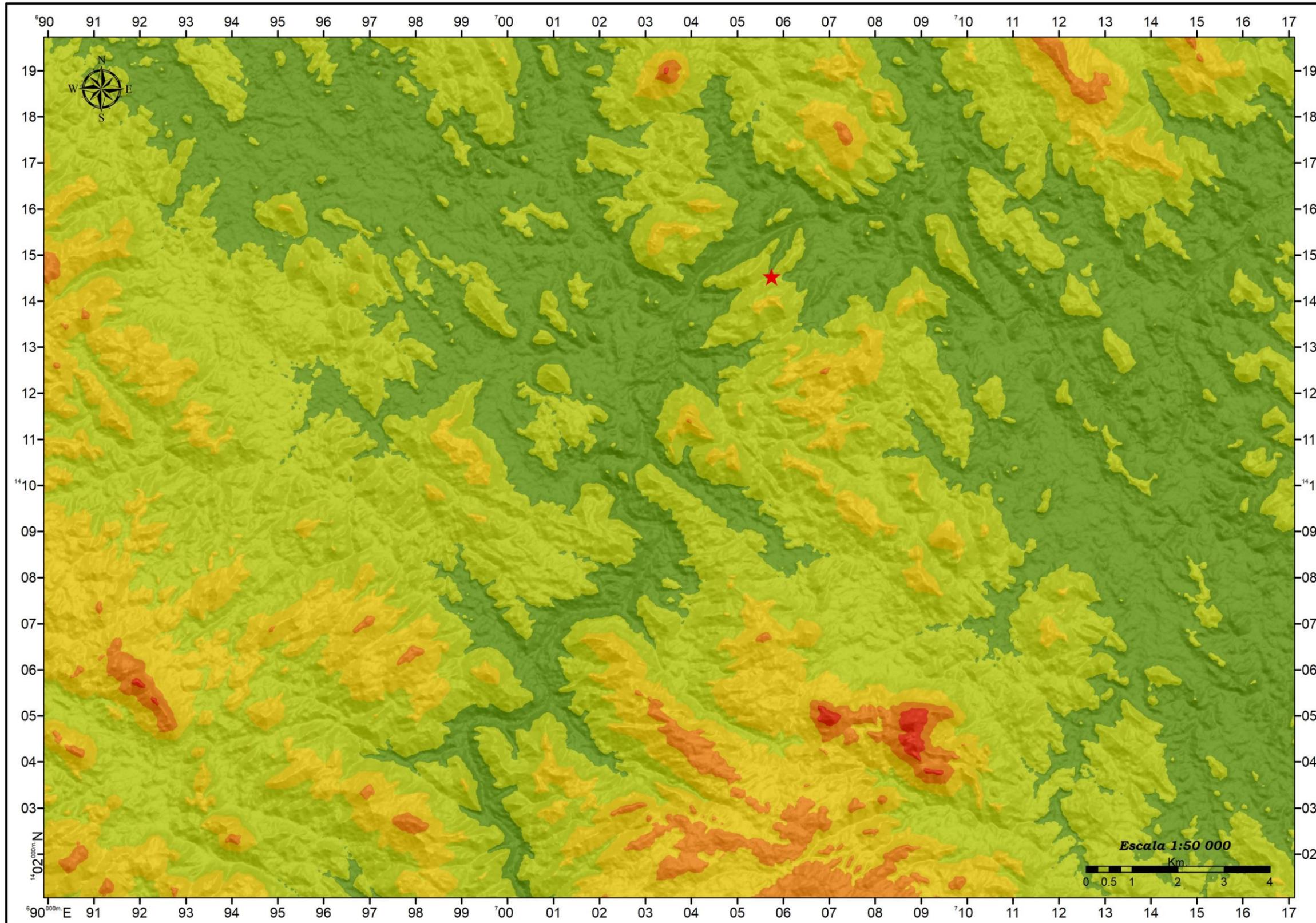
#### *Metodología*

Pasos para el análisis geomorfológico:

1. Obtención de Fotografías Aéreas (INETER)
2. Análisis geomorfológico basado en fotointerpretación (MEM-DGM).
3. Etapa de Campo para descripción de unidades y sub unidades
4. Digitalización de Mapas Geomorfológicos obtenidos por modelos de sombras (resolución de 12 m.), software y la etapa de campo.

Para procesar los datos y características de la serie 3154-II, se hizo uso de la clasificación morfológica de la escuela geológica colombiana titulado *Propuesta de estandarización para la cartografía Geomorfológica* del Servicio Geológico Colombiano expuesta por INGEOMINAS-2011 y la *Escuela Geológica Mexicana* con métodos empleados en los análisis de datos obtenidos mediante el software utilizado.

En este proceso se presentaron algunas limitantes en campo como una vasta vegetación por las temporadas lluviosas y caminos inaccesibles por las crecidas de los ríos. El factor antrópico no causo cambios en la morfología ya que la agricultura no es un rubro que se practique. Los datos analizados en ArcGIS se obtuvieron mediante un DEM de 12 m. de resolución obtenido de la ASF Data Search de la NASA. WGS 84 fue la unidad geográfica para el procesamiento de datos en software, al ser una unidad actualizada no presenta un margen de error como la NAD 27 con valores de 200 metros.



**Altimetria**

	→ 100-200 msnm.
	→ 200-300 msnm.
	→ 300-400 msnm.
	→ 400-500 msnm.
	→ 500-600 msnm.
	→ 600-640 msnm.

645 msnm.  
Caldera Tipilma

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NICARAGUA  
 UNAN MANAGUA  
 Recinto Universitario Rubén Darío  
 Facultad de Ciencia e Ingeniería  
 Departamento de Tecnología**

*Cartografía Geológica  
 Bocana de Paiwas  
 Serie 3154-II*

**Integrantes:**  
 Br. Gabriel Quedo.  
 Br. Arturo Aguilar.

**Tutora:**  
 Ing. Sonia Pérez

**Asesores:**  
 MSc. Nelsón Buitrago.  
 Ing. Javier Pérez.

Ilustración 8. Mapa Altimétrico de Bocana de Paiwas Serie 3154-II

### ***Altimetría***

La (*Ilustración 8*) presenta gamas de colores con intervalos de 100 metros para las diferentes altitudes de la serie 3154-II, las tonalidades verdes corresponden a bajas pendientes ( $5^{\circ}$ - $25^{\circ}$ ) en conjunto con las unidades fluviales y aluviales, zonas con denudación y terrazas de inundación, la elevación mayor en la zona no sobrepasa los 640 msnm (*Fotografía 9*).



*Fotografía 9. Cerro Tipilma (E 707082 – N 1405012).*

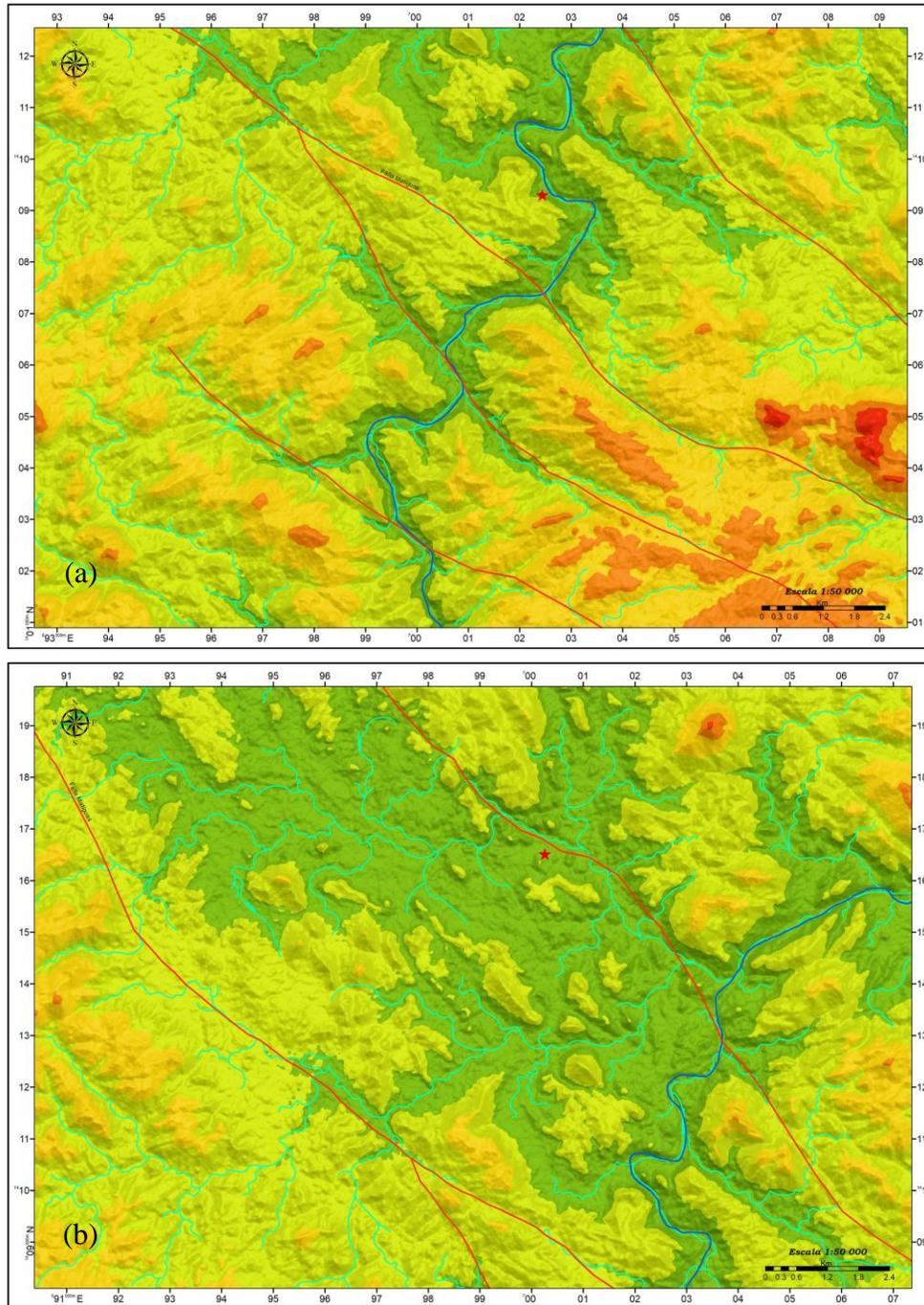
### ***Hidrografía***

#### ***Análisis de las formas de drenaje.***

2 tipos de drenajes se clasificaron en el área total del mapa, cada uno se forma según la litología o el sistema estructural, aunque en el terreno se presenten grandes cráteres y estructuras circulares el procesado generado por el Software no logro determinar las redes circulares.

*Drenaje Sub Paralelo:* (*Ilustración 10-a*) La falla Matiguas de carácter regional, cruza el mapa generando un drenaje sub paralelo en la sección NW y centro S, esta falla con rumbo NW posee una característica peculiar puesto que un sistema paralelo a esta falla crea las formas típicas que describe *Hodgson G.* donde menciona una textura arrugada correspondiente a la formación Pre-Matagalpa.

*Drenaje Dendrítico: (Ilustración 10-b)* Al ser un terreno casi homogéneo donde predominan rocas Básicas (Basalto), se generan redes dendríticas en las que carece de un patrón o orden.



*Ilustración 10. (a) drenaje sub paralelo regido por la falla Matiguas; (b) drenaje dendritico sobre una base soida (basalto.)*

### ***Unidades Geomorfológicas***

#### ***Unidad de Ambiente de denudación***

La erosión y meteorización en la zona es constante, los periodos lluviosos en la parte E del país consta con periodos de 9 meses en lluvia, las escorrentías formadas por las redes de drenajes (dendríticas y paralelas) actúan sobre la superficie generando valles y lomos en forma de V con una denudación superficial de intensidad intermedia, los sedimentos coluviales transportados desde las laderas forman pequeñas llanuras de inundación.

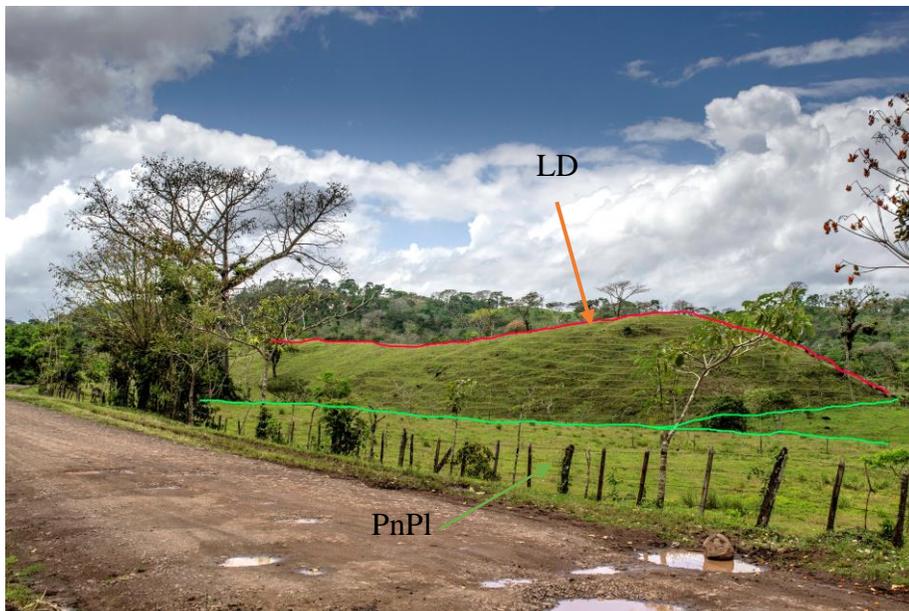
#### ***Sub Unidad de Lomos Denudados de longitud media (LDlm)***

(Fotografía 11-12) Este proceso se debe a la erosión superficial que sufren estructuras abiertas al Intemperismo y están ubicados en lugares donde la acción erosiva es constante. Generalmente poseen una geometría poco accidentada como se observa en la fotografía, la meteorización de la roca es la encargada de generar estas pendientes con rangos de 20°-25° con alturas promedias de 15 m desde el pie de monte, donde el patrón del drenaje es sub paralelo.



*Fotografía 11. Loma el Rosario, Estructura denudada. (E 699913 - N 1419589)*

Los sedimentos denudados de las cúpulas y laderas generan en el pie de monte pequeñas extensiones Coluviales, formando peni planicies en las que el factor antrópico utiliza para la ganadería y pocas veces para la agricultura.



*Fotografía 13. Loma El Pavón, vista desde el sector NW PnPl: Peni Planicie. (E 701774 - N 1416020)*

(Fotografía 13) Es común encontrar terracetas en lomas de 5 m de altura causados por la actividad ganadera, pendientes de 15° y sus bases llenas de coluvios facilitan el acceso para el traslado de animales, es por eso que estos suelos son aptos para alimentar ganado.



*Fotografía 12. Terracetas en Loma El Pavón.*

*Sub Unidad de Lomeríos Disectados (LDi)*

(Fotografía 14) Las disecciones de estas lomas están regidas a estructuras NW regionales y secundarias que se encuentran activas por la tectónica regional. El resultado de esta morfología es debido a las erupciones de pequeños volcanes monogenéticos y flujos lávicos en conjunto con la erosión y meteorización, que han dado lugar a esa textura suave por la denudación.



*Fotografía 14. Caserío Sn Juan, Lomas disectadas en presencia de suelos lateríticos. (E 705944 - N 1415884)*

***Unidad de Ambiente Fluvial***

*Sub Unidad de Cauces Aluvial (CA)*

Esta morfología se ha formado por excavaciones perennes o estacionales sobre los macizos rocosos y sedimentos aluviales por acción del agua, tienen forma irregular en la que depende la resistencia de la roca y la pendiente, generan pequeños bancos de sedimento aluvial en los pequeños meandros y persisten sobre grandes distancias.

Cabe destacar que estos pequeños cauces forman parte de las cuencas como riachuelos en 3er orden, que finalizan en el río principal, la mayoría de los casos se dirigen directamente al Río grande de Matagalpa.

(Fotografía 15 a-b) En ciertos casos se daba la presencia de depósitos aluviales formando pequeñas lomas en las riveras y los pequeños meandros, la erosión y meteorización en la zona a pesar de ser constante no ha influenciado en las rocas, los espesores observados de suelo residual y terrazas aluviales en la morfología no superaba los 5 metros de espesor.



Fotografía 15. (a) Cauce Aluvial, pequeña terraza de inundación y escarpe erosional de 2 m. composición Basáltica. (E 689243 – N 1419037), (b) Cauce fluvial con escarpe de depósitos Aluviales con 1.70 m de espesor. (E 701736 - N 1415974).

*Sub Unidad de Llanuras de Inundación (LII)*

(Fotografía 16) Carece en la zona ya que la morfología dominante en la hoja topográfica es levemente accidentada, por este motivo solo se observó pequeñas áreas donde el ganado posa para alimentarse, no existe riesgo alguno ya que las zonas de descargas son de baja altitud y los afluentes secundarios no son de gran envergadura.



*Fotografía 16. Pequeña extensión de una llanura de Inundación. (E 698401 - N 1412676)*

*Sub Unidad de Laderas de Contrapendiente Sinclinal (LCS).*

(Fotografía 17) Generada principalmente por fallamiento, pocas veces por denudación del estrato rocoso o fracturamiento, en este ejemplo se observa un fallamiento normal a gran escala donde la ladera de este monte llamado Esquirin, ubicado en las coordenadas X 704000 – Y 1411000 fue afectado por la tectónica regional. (fotografía tomada hacia el SW de un gran cráter donde hubo un colapso por una falla de rumbo NW).

El resultado de este proceso forma un aparente sinclinal y es dado a eso que recibe el nombre de Contrapendiente Sinclinal, es fácil observarlo desde el pueblo Bocana de Paiwas.



*Fotografía 17. Cerro el Esquirin, foto tomada desde el pueblo Bocana de Paiwas con coordenadas (E 703914 – N 1403025).*

Esta morfología se presenta con pendientes inclinadas entre  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$  y muchas veces escarpadas, el cerro posee una altura de 364 metros y predomina su composición básica, en sus laderas presenta pequeñas acumulaciones de depósitos Coluviales (se observaron a simple vista, debido al factor hídrico no fue posible fotografiar debido a la distancia, fue imposible cruzar ya que el río había sobrepasado su caudal, haciendo de este un sitio inaccesible). En las riveras del río se observan escarpes erosionales de 4 metros de altura.

#### *Sub Unidad de Terrazas de Inundación (TI).*

Una terraza fluvial marca la posición de la llanura de inundación antigua que se desarrolló cuando el río corría a un nivel superior. Generalmente consiste en una grada sobre la ladera del valle, cubierta por los depósitos normales de la llanura aluvial: arcilla, arena y grava. Las terrazas se pueden desarrollar:

Toda la rivera del río grande de Matagalpa, posee distintas terrazas asimétricas que fácilmente se encubren durante las crecidas del río en épocas lluviosas (mayo a diciembre) con 9 meses de lluvias, el río actúa sobre el lecho rocoso, dando lugar a una tonalidad satinada de color negro en los flujos basálticos que predomina en toda la hoja topográfica.

(Fotografía 18) Esta fotografía presenta pequeñas terrazas donde los habitantes de las comunidades aledañas la utilizan para transportar vehículos livianos mediante una barcaza, estas pequeñas estructuras son de composición arenácea, no presentan guijarros ya que estos no son visibles en casi toda la longitud del río.



Fotografía 18. Terraza de inundación en riveras del río Grande de Matagalpa. (E 714752 - N 1411301)

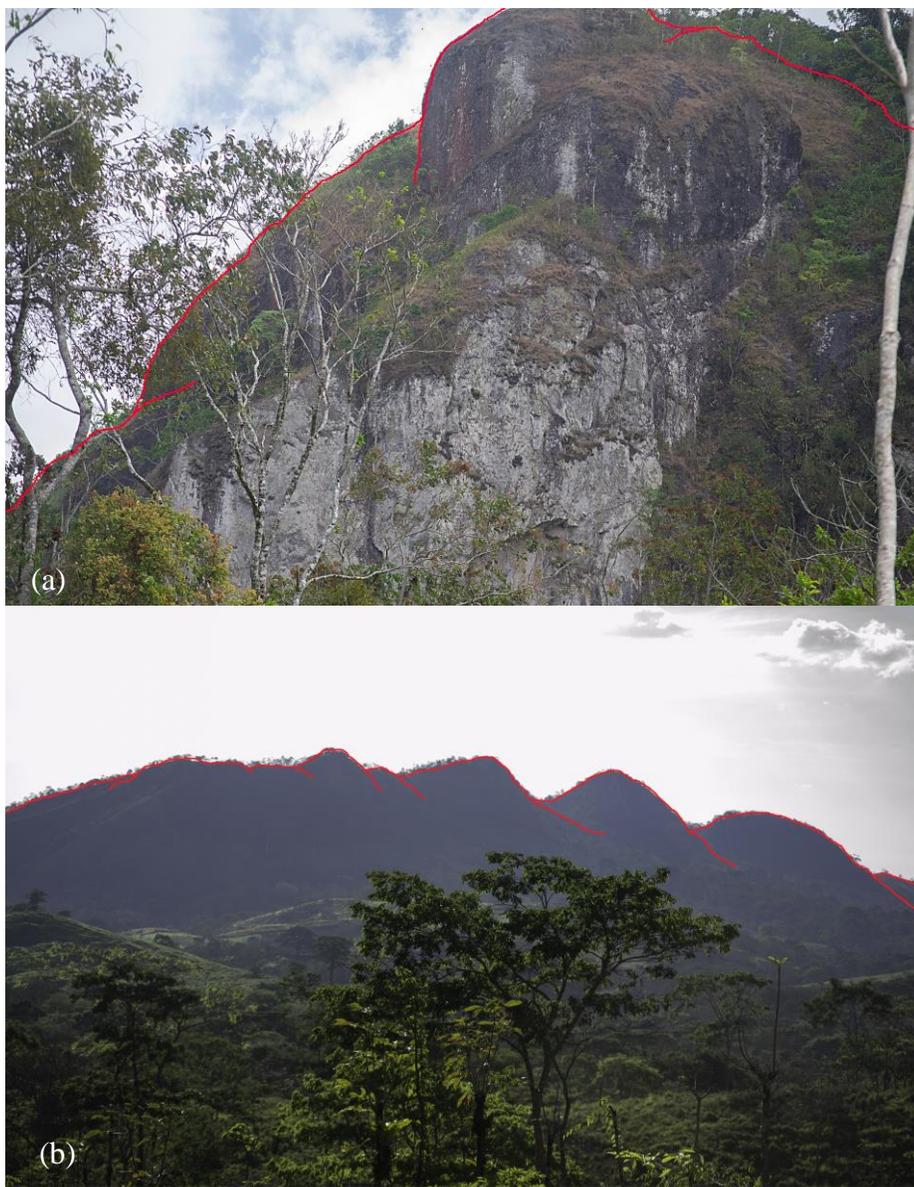
### ***Unidad de morfologías volcánicas***

#### ***Sub unidad de conos y domos volcánicos (CDV)***

Gran cantidad de volcanes monogenéticos alineados y parcialmente disectados por fallamiento de rumbo NE y NW son notorios en casi toda la morfología de la hoja, pequeñas colinas y conos son ejemplo de ello. Las alturas promedias de estos conos no superan los 300 msnm y pendientes de 35°-45°, la parte más alta de la zona pertenece al cerro Peñas Blancas y Tipilma en forma de domo de composición acida-félsica (Fotografía 19-a) quien supera fácilmente los 600 msnm con pendientes verticales de 90°.

La Genesis de estas intrusiones acidas posiblemente sean por una descompresión rápida de una cámara magmática con gran contenido de Sílice, estas estructuras en su ascenso fracturan la superficie creando zonas débiles que permiten el aumento del fundido magmático, esto

explica porque algunas estructuras cercanas a estas inmensas calderas acidas están disectadas por fracturas que no son de origen tectónico (fracturas locales con pequeñas vetillas de silice).



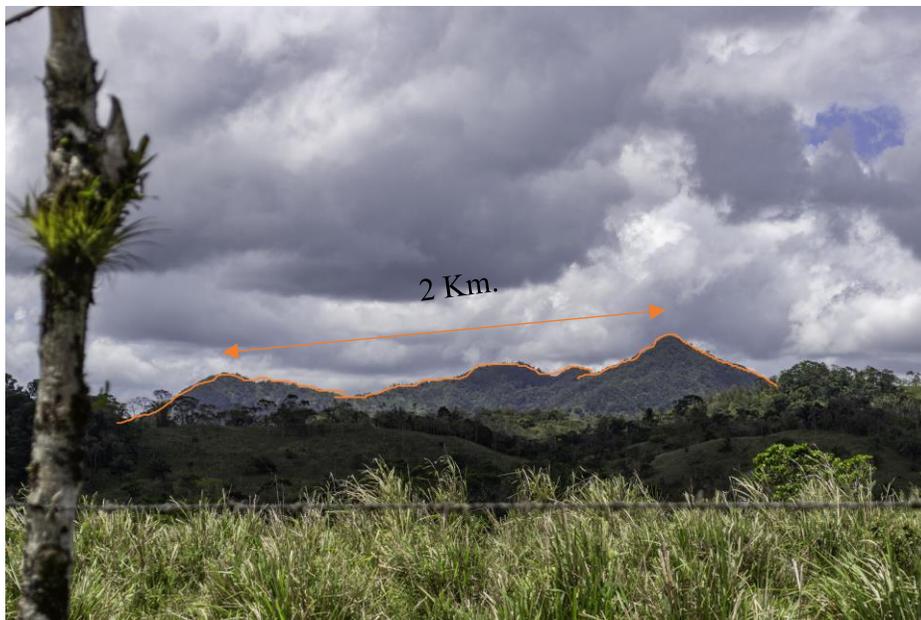
*Fotografía 19. (a) Cerro Peñas Blancas (E 707082 – N 1405012); (b) ladera de la Caldera Los Cerritos.*

Un conjunto de domos alineados y disectados que forman parte de la ladera de una caldera que hemos llamado Los Cerritos, presenta domos alineados que pueden ser visto desde largas distancias, es de gran envergadura con un diámetro de 5 km y de composición ácida, (*Fotografía 19-b*).

*Sub Unidad de Calderas (C).*

Esta unidad se encuentra dispersa en toda la serie, son muy notorias ya que poseen un sistema de calderas insurgentes a menor tamaño en sus centros, algunas toman forma de herradura debido a que su continuidad ha sido interrumpida por un proceso tectónico.

Son de gran tamaño y se encuentran aglomeradas con mayor proporción en la sección SW de la hoja topográfica, suelen tener un diámetro mayor a los 2 Km en el caso de las calderas que poseen su forma completa (*Fotografía 20*).

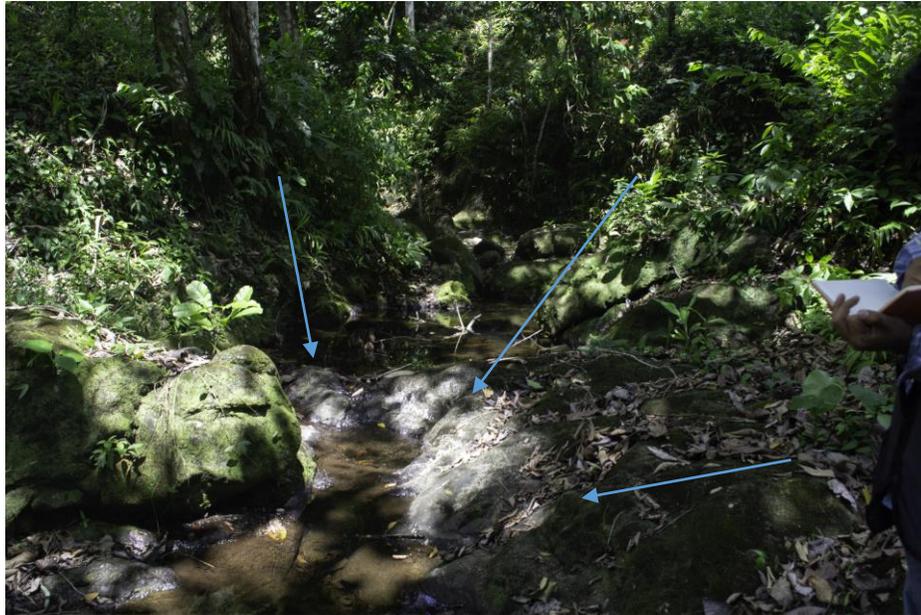


*Fotografía 20. Caldera Tipilma, ubicada en la porción SE del área de estudio, toma hecha en la parte NE de la caldera. Coord. E 714601 N 1408258.*

3 domos ácidos sobresalen en la hoja, estos presentan acantilados verticales de casi 90° de pendiente y son los que sobresalen por su altitud, suelen presentarse pequeños domos en las laderas de la caldera “Los Cerritos” (*Fotografía 19 a-b*) que es de composición ácida y presenta un domo ácido de gran tamaño en su centro.

*Sub Unidad de flujos lávicos (FL).*

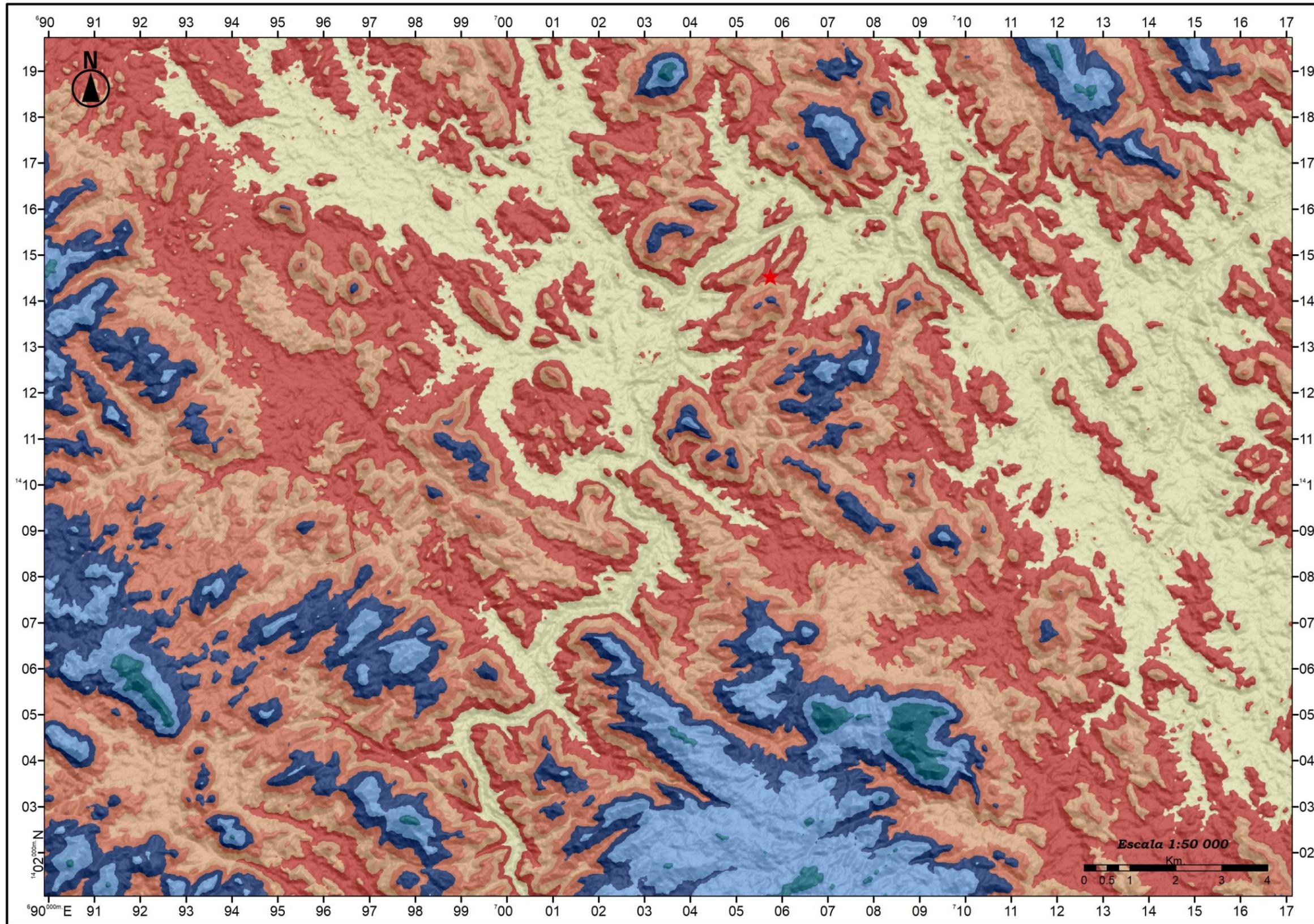
Se presentó un flujo de lava masiva con una dirección preferencial N38W, consta de un basalto afanítico en un afloramiento sobre una trocha (*Fotografía 21*), otro afloramiento se observa en el cerro Wilikito con una altura de 15 metros aproximadamente con la misma composición (*Fotografía 22*).



*Fotografía 21. Flujo lávico de composición básica. N 1415831 – E 692351.*



*Fotografía 22. Flujo lávico de composición básica en el costado SW del cerro Wilikito, originado por una erupción fisural con dirección 30° NE, coordenadas E 703069 – N1418640.*



Sub Unidades Geomorfológicas

	CA; TI;
	CDV
	CDV; FL
	FL
	LD; LDIm; LDi
	LDi, CDV
	LII; CA

<b>LD</b>	Lomo Denudado
<b>LDIm</b>	Lomo Denudado de longitud media
<b>LDi</b>	Lomo Disectados
<b>CA</b>	Cauces Aluviales
<b>LII</b>	Llanuras de Inundación
<b>CDV</b>	Conos y Domos Volcanicos
<b>FC</b>	Flujos Lavicos

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NICARAGUA  
 UNAN MANAGUA  
 Recinto Universitario Rubén Darío  
 Facultad de Ciencia e Ingeniería  
 Departamento de Tecnología**

*Cartografía Geológica  
 Bocana de Paiwas  
 Serie 3154-II*



**Integrantes:**  
 Br. Gabriel Quedo.  
 Br. Arturo Aguilar.

**Tutora:**  
 Ing. Sonia Pérez

**Asesores:**  
 MSc. Nelsón Buitrago.  
 Ing. Javier Pérez.

Ilustración 23. Mapa Geomorfológico de Bocana de Paiwas.

***Cálculo de pendientes***

Para catalogar las pendientes presentaremos la clasificación hecha mediante valores establecidos por DEMEK, 1972. De igual forma que en el mapa altimétrico usamos un DEM (modelo de elevación digital) con una resolución de 12 metros, obtenido de la ASF Data Search de la NASA, para el procesado de los modelos el software utilizado fue ArcGIS 10.5.

*Tabla 2. Clasificación de pendientes, DEMEK, 1972.*

<b><i>Término de la Pendiente</i></b>	<b><i>Categoría (°)</i></b>
Ligeramente Inclinado	0-5
Fuertemente Inclinado	>5-15
Muy Inclinado	>15-35
Empinado	>35-45
Vertical	55-90

(Ilustración 24) en este mapa observamos que los puntos con pendientes verticales y empinadas son pocas, difiere en área y los pocos lugares donde se manifiesta este grado de pendiente es en las intrusiones acidas.

Casi el 98% de la hoja topográfica presenta grados bajos donde las pendientes son moderadas a suaves, característico de las zonas donde la ocurrencia de colinas y pequeños conos volcánicos no superan los 35°-40° de pendiente, sin embargo, cerca del pueblo en las coordenadas (X-Y) se presentaron colapsos y posibles volcamientos donde las laderas de una estructura circular posiblemente un gran cráter llamado La Luca en el costado Norte del pueblo presento pendientes intermedias.

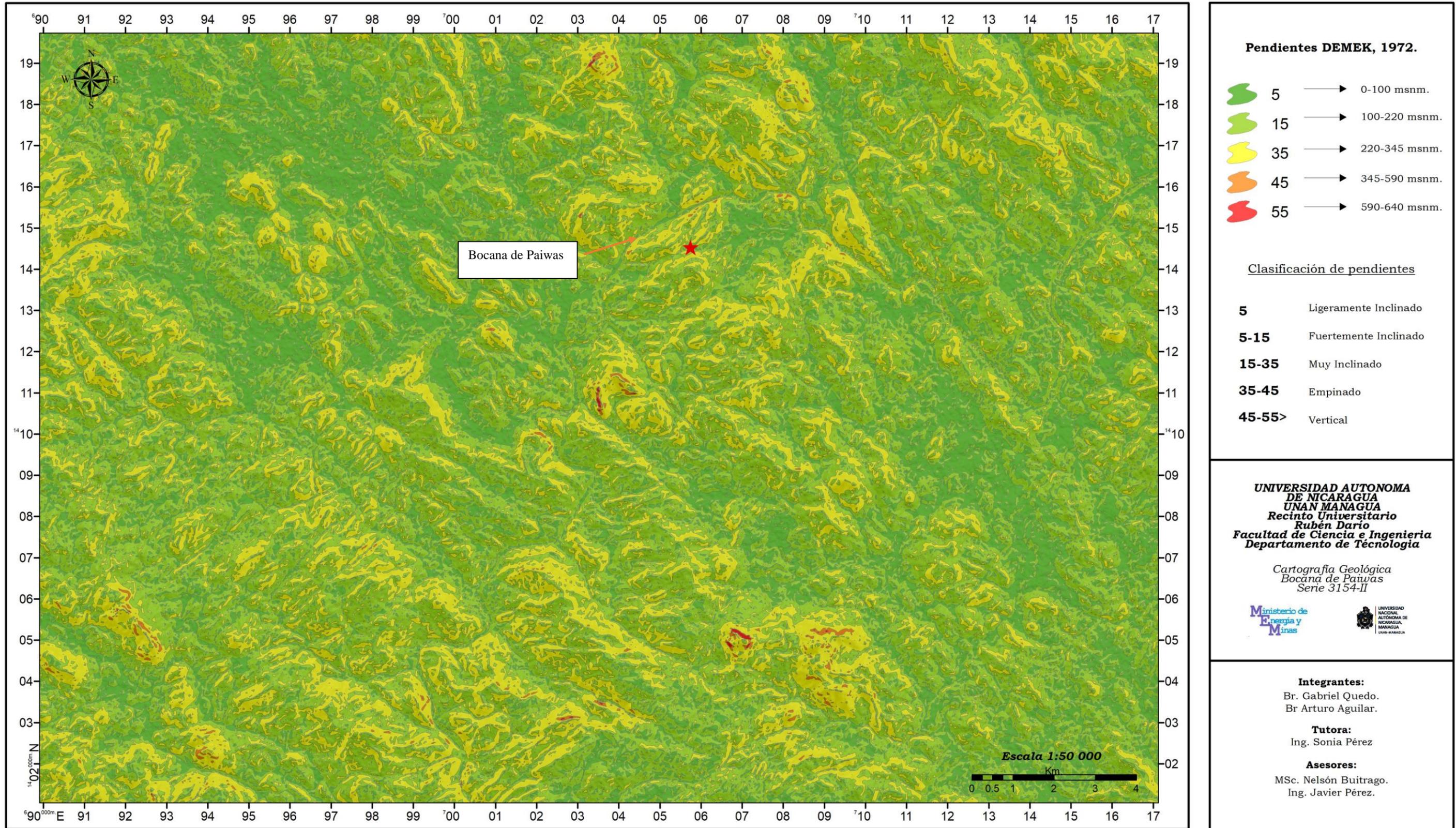


Ilustración 24. Mapa de pendiente según DEMEK, 1972.

#### **4.1.2 Geología Local**

##### *Estratigrafía*

El área de estudio se localiza en la Provincia Geológica Central de Nicaragua, caracterizada por el predominio de rocas volcánicas de edad Terciaria, la geología de la zona se ejecutó con base a la fotointerpretación previa mediante fotografías aéreas, jornadas exploratorias de campo, recolección de muestras en los afloramientos y la elaboración de análisis en sección delgada, determinaron resultados más fiables.

La zona está constituida por una serie o secuencia predominante de rocas volcánicas de composición básica, perteneciente al grupo Matagalpa (*Tomm*) y en menor medida las unidades más recientes: residuales (*Qr*) y aluviales (*Qal*), seguidas de cuerpos intrusivos de composición acida-félsicas. Estas rocas (basaltos) poseen un grado de meteorización bajo, notándose muy bien conservadas en el campo, se encuentran con un fracturamiento marcado y muy notorio, a continuación, se describirán cada una de las unidades litoestratigráficas obtenidas a través del levantamiento de campo.

##### *Unidad de Cuaternario Aluvial (Qal)*

Se localiza en las secciones Este y Oeste del área y se proyecta en casi toda la ribera del río principal (*Rio Grande de Matagalpa*) y en sus afluentes, está constituida por bolones y sedimentos de distintos tamaños, este corresponde a la parte la parte superficial de la secuencia estratigráfica.

Esta unidad se caracteriza por presentarse en los meandros de los ríos y pie de montes, donde los sedimentos creados por la descomposición de las rocas, estos fueron transportados por agentes exógenos, esta unidad está compuesta por gravas, arenas, guijarros, cantos, bloques y en algunos casos terrazas mal equilibradas.

Dichos depósitos son de composición basáltica (guijarros en terrazas) con poca presencia de rodados de cuarzo y en algunos casos rocas silicificadas, estos depósitos se presentan en los codos de los ríos con diámetros variables de 10 a 40 cm aproximadamente, se aprecian en formas redondeadas, sub redondeadas y sub angulosas. Los espesores de esta unidad son de

2m relativos, en los que varían según la altitud. Afloramientos típicos de estas unidades se observan en las coordenadas: E 698098 – N 1417509 y E 703581-N 1412828.



*Fotografía 25. Depósitos aluviales depositado en el rio en coord. E 698098 – N 1417509.*

#### *Unidad de Cuaternario Residual (Qr)*

Formada por suelo de origen residual, esta unidad, se ha producido gracias a la descomposición físico-mecánica y química de la roca in situ.

Estos suelos poseen una textura arcillosa, limo-arcillosa en menor proporción, con suelos abigarrados, presentando gamas de colores debido a las alteraciones de la roca madre en los que se destacan rojo, anaranjado, violáceo y amarillento. Los espesores de estos suelos son escasos, varían entre 2 a 5m y forman peniplanicies, localizándose en las zonas más bajas y en los cursos fluviales. Afloramientos característicos de esta unidad se encuentran en las coordenadas: E 700141 – N 1412402, E 706865 – N 1402769, E 6594595-N 1410435, E 694588-1410859, E 694545-N 1411376.



*Fotografía 26. Suelo residual formando relieve de tipo peniplanicies coord.: E 6594595-N 1410435.*

#### *Grupo Matagalpa (Tomm)*

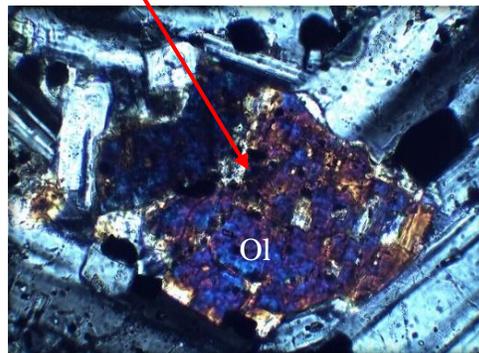
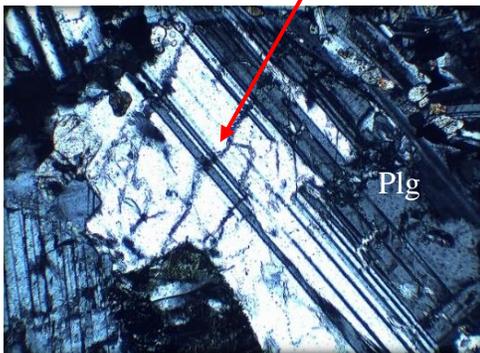
Este grupo de rocas representa la mayor cobertura litológica del área, Mc Birney en el año 1967 nombró esta unidad con una edad absoluta de 19.1ma a 15.5 ±0.3ma basado en el método K/Ar ubicada en el Oligoceno-Mioceno, conformado por rocas de composición básica con texturas afaníticas-faneríticas entre los cuales se destacan flujos de lava, diques, antiguos conos volcánicos y Calderas, y en menor proporción rocas silicificadas y brechas volcánicas.

*(Fotografía 27)* En las coordenadas E 710430 – N 1402352, se observó basalto de color gris claro y matiz turquesa muy intenso, microscópicamente está compuesto por piroxenos, plagioclasas y pequeños fenocristales de cuarzo, alteraciones presentes en la roca son hematización y cloritización, se observa un suelo arcilloso con espesor de 3m.

En el análisis petrográfico se observó fácilmente la presencia de fenocristales de plagioclasas con un 40%, olivino abarcando el 25%, piroxenos con un porcentaje equivalente al 20%, el

15% restante posee metales y minerales accesorios (cloritoides, metales correspondientes a las tonalidades opacas).

En las coordenadas E. 713794-N 1405471 se observa un flujo basáltico de textura amigdaloides con presencia de silicificación y zeolitización (Fotografía 28), la dirección del flujo es hacia el NW donde presenta un leve diaclasado.



*Ilustración 27. (a) Foto tomada con Objetivo que muestra (Plg): plagioclasas con clivaje común tipo Carlsbad. 10x/0.425; (b) Objetivo 40x/0.65. (Ol): Olivino que presenta fractura, Nícoles Cruzados.*



*Fotografía 28. flujo basáltico amigdaloidal rellena por zeolita clase natrolita.*

(Fotografía 29) Otro afloramiento se encuentra en la base del río grande de Matagalpa, en las coordenadas E 703581 - N 1412828 se observa un flujo basáltico afanítico de color gris oscuro, aunque a simple vista exhibe un brillo satinado, producto de la abrasión del agua



*Fotografía 29. Flujo basáltico, E 703581 - N 1412828.*

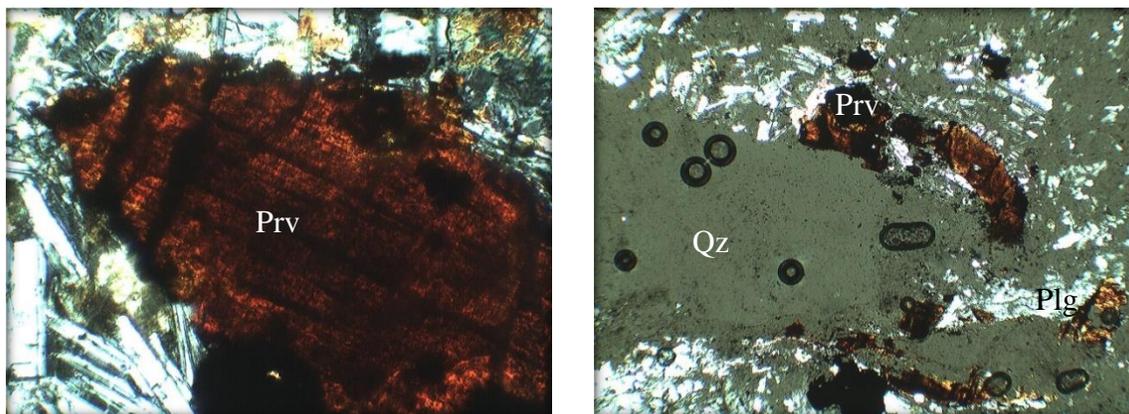
junto con el cambio de temperatura; las alteraciones presentes en el flujo son hematización, silicificación y cloritización.

Próximo a la comunidad El Rosario en el banco de material, coordenadas E 700550 - N 1419438, consta de basalto con textura afanítica fuertemente fracturado, está intruido por un dique con rumbo N5°W (*Fotografía 31*), con alteraciones bien marcadas donde es notorio la hematización, cloritización, silicificación, observándose vetillas rellenas de cuarzo y calcita.

A la muestra tomada in situ se le realizó análisis petrográfico obteniendo los siguientes resultados: Plagioclasas 60%; Olivino 25% y 15% de Piroxeno.

Producto al fracturamiento y el ascenso del fluido hidrotermal, causaron un metamorfismo de bajo grado, los minerales máficos sufrieron una deformación plástica.

Esta intensa actividad y cambios por reemplazamiento del hidrotermalismo, lixivió algunos metales incrustando en la roca minerales de Perovskita y Rutilo (*Fotografía 30*), que se formaron por la presencia de minúsculas patinas de titanio.



*Fotografía 30. (a) Objetivo 40x/0.65. Cristales de Perovskita (Prv) con exfoliación perfecta, muestra un leve maclado casi nulo, característico de este mineral accesorio, (b) Objetivo 10x/0.25. Corona de Perovskita sobre vidrio (Qz: Cuarzo) rodeado de plagioclasas (Plg).*



*Fotografía 31. Corte para banco de material con rocas de composición basáltica, tonalidad café claro debido a la exposición de los agentes exógenos causada por los cortes, coordenadas E 700550 - N 1419438.*

#### *Contacto, Espesor y Edad.*

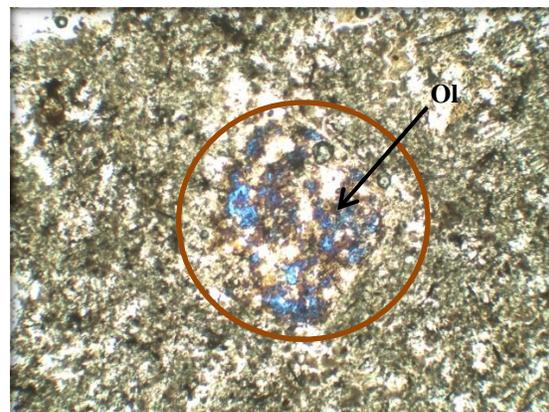
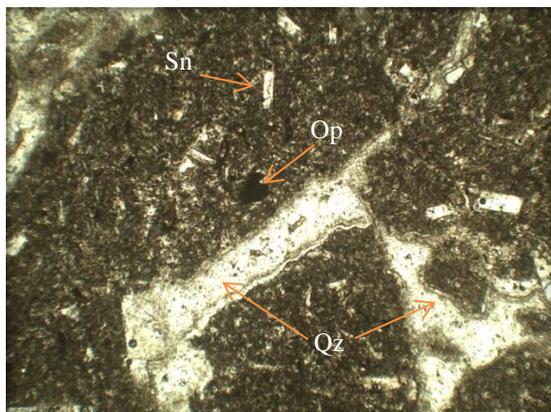
Este grupo abarca la mayor parte del área de estudio, presentando contacto discordantemente con las unidades de depósitos cuaternarios (Qr, Qal). Con espesor relativo de 357msnm. data de 19.1ma a 15.5  $\pm$ 0.3ma basado en el método K/Ar ubicada en el Oligoceno-Mioceno, realizada por Mc Birney, 1969 corroborado por Parson Corporation, 1972.

#### *Rocas Intrusivas*

Los cuerpos rocosos intrusivos del área son de composición acida, estos datan del Oligoceno (R. Williams, 1972), intruyendo a las rocas volcánicas del Grupo Matagalpa, siendo los principales responsables de propiciar los tipos de alteraciones en las rocas encajantes.

*Cerro Peñas Blancas:*

(Fotografía 32) Localizado en la porción SE del mapa en la comarca Platanar del Sur, en coordenadas E 706688 – N 1405285 se presenta en forma de domo con una composición acida, consiste de una estructura compuesta por brechas dacíticas con tonalidades gris claro de pendientes inclinadas y altura de 570 msnm.



Fotografía 32. Ilustración 41. (a) foto tomada con lente 4x/0.1 (b) foto tomada con lente 10x/0.25; Coloración generalizada, Op: opacos; Qz: cuarzo (vetillas); Sn: Sanidina. El círculo representa el área alterada.

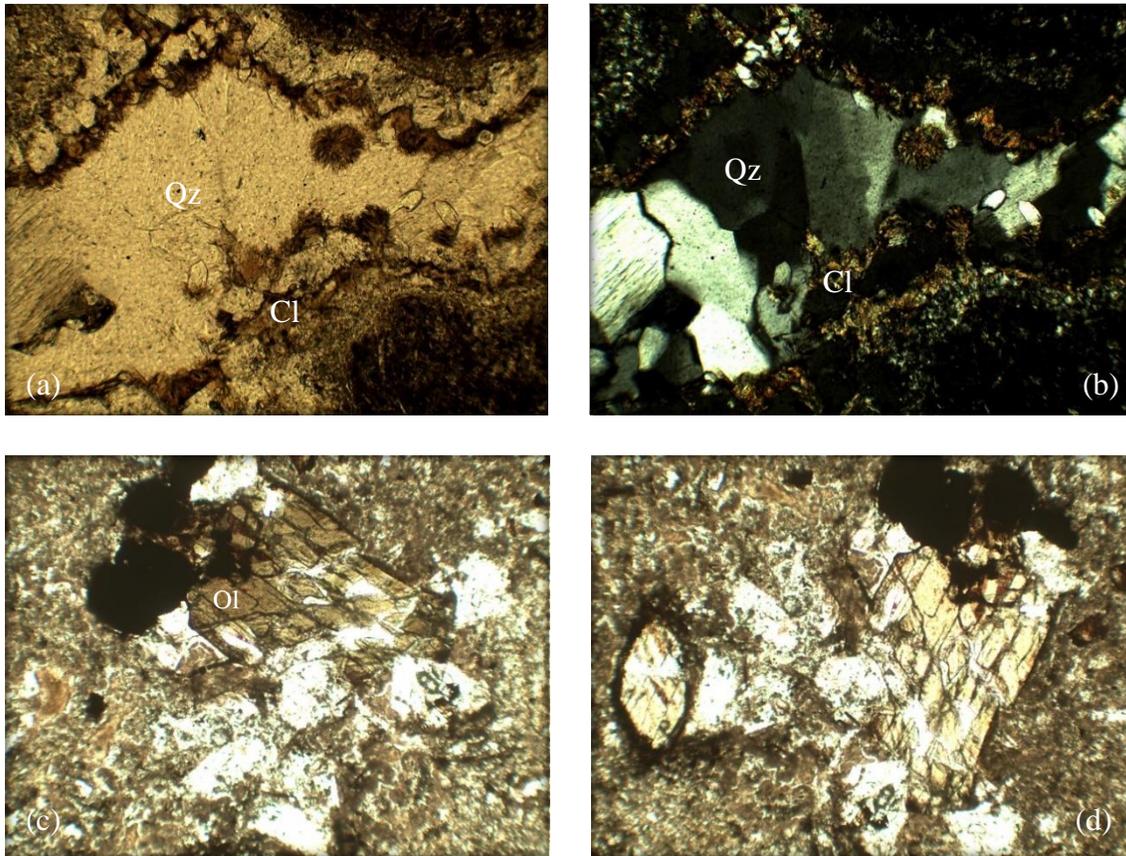
CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

(Fotografía 33 a-b) Fue notoria una recristalización estática de cuarzo, debido a la aglomeración de estos fenocristales rodeados por esferulitas de clorita, poseen formas Subidiomorfas en toda la muestra y un clivaje medio, interrumpido por fracturas.

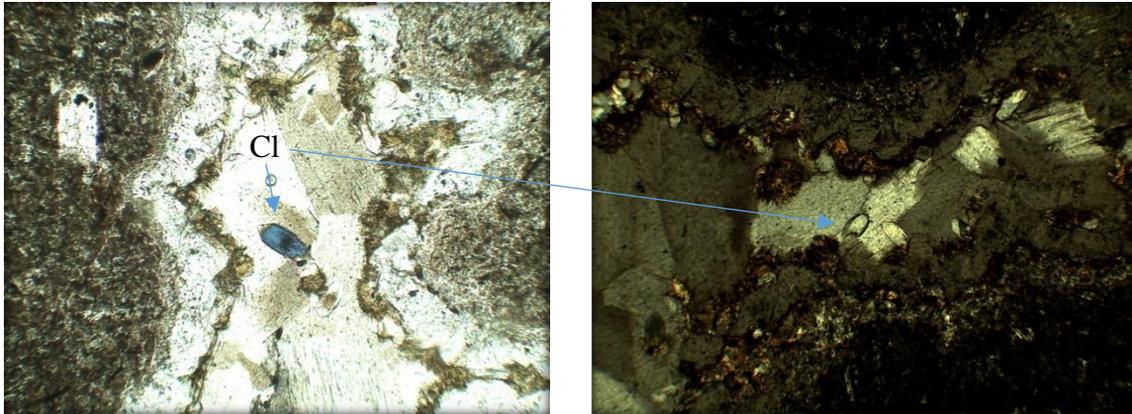
Es común encontrar en este tipo de rocas extrusivas algunos minerales accesorios, se observaron olivinos y clinopiroxenos, así como opacos dispersos en toda la sección delgada.

Tonalidades turquesas y verde se exhiben por fenocristales de olivinos y clinopiroxenos observados en nicoles cruzados, la mayoría de la muestra presenta minerales incoloros, pequeñas manchas oscuras se exhiben debido a metales presentes en ella.

(Fotografía 34) se muestran una pequeña cantidad de fenocristales de cloritoides dentro de la matriz del cuarzo, poseen un color turquesa-verde olivo que se refleja al girar la platina, tiene una habito hexagonal prismático.



Fotografía 33. a) Objetivo 4x/0.1 Nicoles Paralelos, (b) Objetivo 10x/0.25 Nicoles Cruzados. Recristalización estática en la foto (b) con alteración en forma esferulitas de clorita (Cl); Qz: Cuarzo. Fotos Inferiores tomadas con lente 10x/0.25. fotos c y d, fenocristal de olivino.



Fotografía 34. (a) Objetivo 10x/0.25. (Cl): Cloritoide en Nicles Paralelos. (b) Objetivo 4x/0.1. Vista macro del mismo mineral en Nicles Cruzados sobre un re cristalización de Cuarzo.

Cerro Tipilma:

De composición ácida formada principalmente por dacita de color gris clara, la roca está compuesta por fenocristales de cuarzo y plagioclasas, en una matriz vítrea de textura fanerítica, con pendientes abruptas y moderadas, este cuerpo intrusivo se ubica en coordenadas E 709348 – N 1402847 e intruye a las rocas volcánicas del grupo Matagalpa.

*Columnas Locales.*

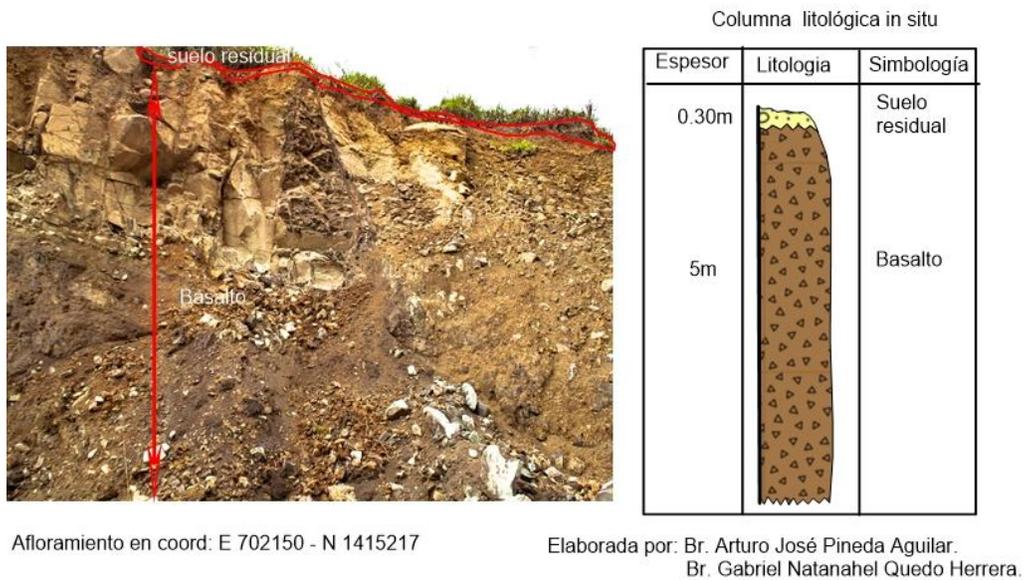
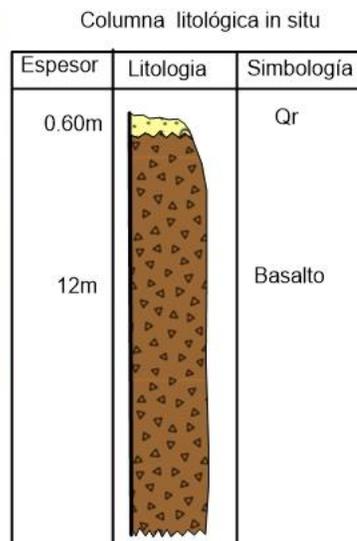


Ilustración 35. columna local en afloramiento de 5.30 m.



Basalto in situ en coord: E 693406 - N 1415128



Elaborada por: Br. Arturo José Pineda Aguilar.  
 Br. Gabriel Natanahel Quedo Herrera.  
 año 2021

*Ilustración 36. Antiguo banco de material, columna local con afloramiento de 12.60 m de altura.*

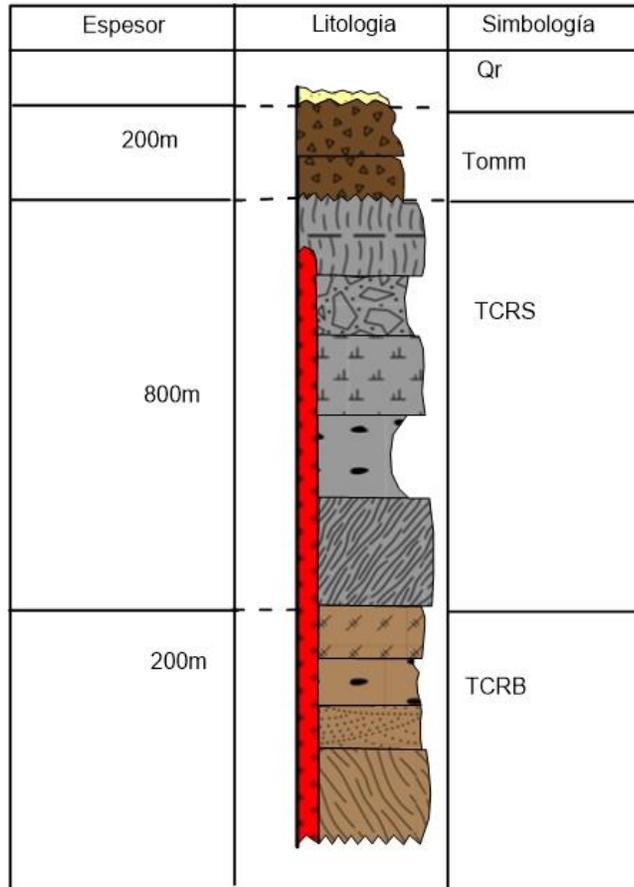
la mayoría de los afloramientos observados eran antiguos y actuales bancos de materiales, el basalto en estos sitios resultó estar bien conservado a diferencia de lugares donde existen pequeñas intrusiones, los indicios observados fueron alteraciones masivas de óxidos.

*Correlación estratigráfica de estudio previo.*

El Ing. Glen Hodgson para la década de los 70's realizó un estudio para ejecutar una obra civil en el río grande de Matagalpa, recorrió un total de 9 mapas topográficos donde incluyó la serie 3154-II de Bocana de Paiwas con el fin de encontrar un prospecto para la ubicación de la presa Boboke-Mojolka y Copalar.

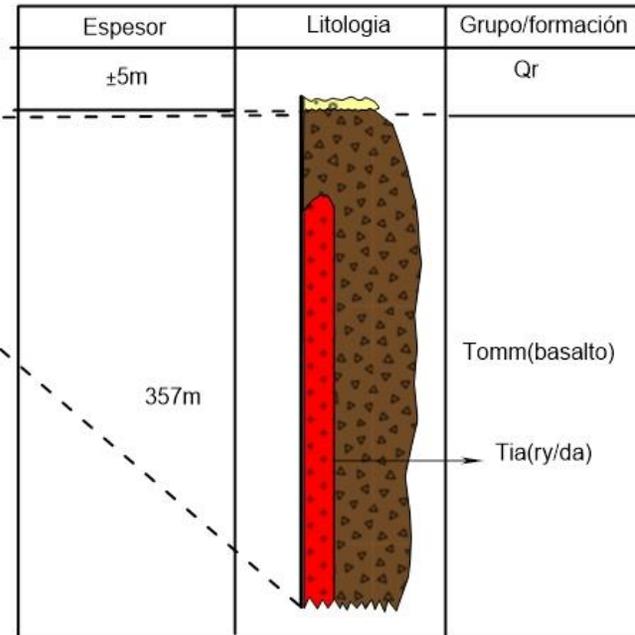
El proyecto no tuvo éxito ya que no pudo realizarse la construcción de la presa, pero en su etapa de campo realizó una columna estratigráfica que a continuación observaron en la *Ilustración 37*, esta correlación demuestra la ubicación en el tiempo geológico establecidos según la formación-unidad descrita en campo con la descripción del Ing. Glen Hodgson, no fue posible observar los sitios y afloramientos que refirió en su informe.

**Columna comparativa (correlacionar)**



Ing. Hodgson G. (1982)

**Columna estratigráfica del Cuadrángulo Bocana de Paiwas serie 3154-II**



Elaborada por: Br. Arturo José Pineda Aguilar.  
 Br. Gabriel Natanahel Quedo Herrera.  
 año 2021

Observación: Durante la campaña de campo en el cuadrángulo Bocana de Paiwas serie 3154-II, para la elaboración de la cartografía geológica a escala 1: 50 000, solo se observó basalto, suelo aluvial y residual con espesores que

*Ilustración 37. Correlación Estratigráfica.*

#### ***4.1.3. Geología Estructural***

En Nicaragua los elementos estructurales más prominentes fueron agrupados en tres sistemas principales: NW-SE, NE-SW y N-S, de edades Terciario- Cuaternario.

Se reconocieron fallas con direcciones NW de aspecto regional y muy jóvenes, este sistema prevalece sin ser interrumpida según el análisis hecho en la fotointerpretación, en el área de estudio, el sistema de fallas que más se destaca son las que poseen rumbo NE-SW siendo estas relativamente antigua ya que son desplazadas por los sistemas NW-SE que también afectan otras estructuras como calderas y unidades litológicas presentes. No obstante, el reconocimiento a mayor detalle de muchas de las estructuras fue impedida por la intensa actividad climática y la espesa cobertura boscosa.

la característica estructural de la zona de estudio se centra por el predominio de fallas y fracturas, determinando así los indicadores cinemáticos tales como: planos de falla, sigmoides, sistemas conjugados, gounges o harinas de falla, fracturas bifurcadas y fracturas R, las direcciones del sentido de los bloques y su incidencia en las rocas. Cada uno de los elementos estructurales deben su nombre a la comunidad o estructuras volcánicas presente en el área de estudio.

#### ***Sistema Estructural de rumbo NW-SE***

##### *Lineamiento Peñas Blancas*

Esta falla es considerada la continuación de la estructura lineal denominada por la Hunting, sistema de falla Matiguas; se observa en dirección NW-SE del área de estudio abarca las Comarcas Paiwas, Platanar del Sur, entre las coordenadas E 712599 – N 1401011 y E 68994– N 1416546, podemos destacar que a través de su recorrido desplaza las estructuras más antiguas de rumbo NE-SW como son las fallas El Divisadero, Las Antillas, San Antonio. Cercana a la comunidad El Socorro Coord. E-710461 – N 1402457, presenta rumbo N77°W, con buzamiento de 20°SW.

*Lineamiento Malakawas*

Se localizan se ubica en porción NE del área de estudio en coordenadas E 707952 – N 1419380 y culmina en las coordenadas E 717100 – N 1407000 abarcando las comarcas Malakawas, la Comunidad Siquia, San Jose, Buena Esperanza, San Cristóbal, continuando su dirección hasta el cuadrante Rio la Toboba. Esta estructura es de carácter regional, al igual que la falla Peñas Blancas, se encuentra desplazando a las fallas del sistema NE-SW como lo es la falla Siquia.

Esta Falla se encontró en la comunidad San Cristóbal, con rumbo de N40°E, afectando a las rocas del Grupo Matagalpa las cuales están fracturadas.

*Lineamiento Los Cerritos*

Se localizada en la porción SW del área de estudio en la comarca Santolar, las comunidades de la Selva, Monte Rosa, Palestina. entre las coordenadas E 690000 – N 1405700, y termina en las coordenadas E 697819 – N 1400909, durante su recorrido desplaza a las estructuras La Selva, Minerva, Monte Rosa, Palestina, deformando Caldera del mismo y a la Caldera Santolar, así como la presencia de domos y conos volcánico. Afecta a las rocas del Grupo Matagalpa

*Lineamiento Siquia*

Esta estructura se presenta en el sector NE, cercana al poblado Villa Siquia, con rumbo de N10°W. Afecta a las rocas del Grupo Matagalpa.

***Sistema Estructural de rumbo NE-SW***

*Lineamiento Las Praderas*

Se ubica en la parte sureste del área de estudio, en coordenadas E 709769 – N 1402579 y culmina en coord. E 711880 – N 1403649 cerca de la comunidad del mismo nombre, esta estructura fue observada mediante la fotointerpretación, a su vez fue comprobada en campo con rumbo de N42°E, se encuentra dividida en dos segmentos debido a que es desplazada por la falla Peñas Blancas.

*Lineamiento El Ayote*

Se encuentra en la porción SW atraviesa la estructura volcánica los cerritos abarcando las comunidades Santa Rita, San Miguel, Honduras, El Consuelo, San Rafael y La Estrella. Se encuentra por estructuras lineales de rumbo NW-SE, en el área de estudio se en las E 690000 – N 1404900 y culmina en las coordenadas E 713000 – N 1419400, continuando en los cuadrantes San José de La Vega y Cerro Ubú. Se presenta con rumbo N16°E. afecta a las rocas del Grupo Matagalpa.

*Lineamiento Las Tambarrias*

Se localiza en la parte NW de la zona de estudio, en las comarcas de Paiwas, Las Tambarrias, las comunidades de La Reina, El Carrizal en coordenadas E 693406 – N 1415128, presenta rumbo de N65°E, este sistema atraviesa a la caldera volcánica Las Tambarrias y a las rocas del Grupo Matagalpa.

## CAPÍTULO V

### **5.1 Conclusiones**

Geológicamente en el área de estudio se reconocieron dos depósitos cuaternarios, un depósito aluvial y uno residual, se identificó un grupo volcánico denominado Grupo Matagalpa de edad relativa terciaria, este grupo está constituido por rocas de composición básica.

En el ámbito geomorfológico se lograron identificar mediante la fotointerpretación de las fotografías aéreas, imágenes satelitales, así como las labores de campo, 3 tipos de ambientes geomorfológicos:

#### Ambiente de denudación

- Sub Unidad de lomo denudado (LD): cerros de pendientes leves ( $5^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ), de composición básica con erosión.
- Sub Unidad de lomo denudado de longitud media (LDIm): lomos de corta dimensión con las mismas pendientes de los Lomos Denudados.
- Sub Unidad de lomo disectados (LDi): creados por fallamiento interrumpiendo sus continuidades.

#### Ambientes Fluviales

- Sub Unidad de cauce aluvial (CA): zonas de escorrentías con escarpes erosionales de leves caudales.
- Sub Unidad de llanuras de inundación (LII): planicies compuestas por depósitos coluviales que presentan alta incidencia de inundación.
- Sub Unidad de terrazas de inundación (TI): zonas planas que han sido relictos de antiguo ascenso del caudal del río.

#### Ambientes Volcánicos

- Sub Unidad de conos y domos volcánicos (CDV): compuesta por volcanes monogenéticos de composición básica, pendientes muy leves ( $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) con lomos denudados.

- Sub Unidad de flujos de lava (FL): morfología dominante, extensiones de lavas fisurales con composición básica.
- Sub Unidad de calderas (C): calderas insurgentes con formas de herradura, poseen grandes envergaduras además de contener domos ácidos en sus centros.

Estructuralmente se determinaron 3 sistemas de fallas cuyos lineamientos son:

- NW siendo las estructuras más jóvenes
- NE-SW son las que más predominan, son más antigua y son desplazadas por los sistemas NW.
- NS son las más antiguas delo área de estudio y las más escasas.

Se determinó 5 tipos de alteraciones presentes las cuales están afectan a las rocas predominantes en el área de estudio como lo es el basalto, éstas son: hematización, la cloritización, silisificación, propilitización y zeolitización.

## **5.2 Recomendaciones**

- Elaborar un levantamiento geo-estructural a escala 1: 20 000 para realizar un modelo estructural con mayor precisión.
- Realizar dataciones radiométricas para las rocas dominantes y a los cuerpos intrusivos, para fijar una edad absoluta y no relativa, ya que nos ayudaría a definir más aun la correlación con las unidades lito estratigráficas alrededor de la zona.
- Realizar análisis geoquímico a las rocas, con el objetivo de determinar con mayor precisión la Genesis u origen de las rocas volcánicas y acidas.
- Efectuar estudios geofísicos (gravimetría o sondeo eléctrico) con el fin de localizar nuevas estructuras que indiquen anomalías, para determinar un posible prospecto minero metálico.
- Ejecutar ensayos geotécnicos de laboratorio para determinar el tipo de suelo y la capacidad portante de las rocas volcánicas del Grupo Matagalpa, para realizar cálculos de reserva, así como bancos de materiales, ya que estas son útiles con el fin de realizar futuras obras del ámbito ingenieril en beneficio de la comunidad

### 5.3 Bibliografía

**Baumgartner P. O. Flores, K., Bandini, A. N., Girault, F., & Cruz, D. (2008).** *Upper Triassic to Cretaceous radiolaria from Nicaragua and Northern Costa Rica - The Mesquito Composite Oceanic Terrane*, EE-UU en cooperación con la Escuela Geologica Suiza.

**DeMets, C., (2001).** *A new estimate for present-day Coco- Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central American volcanic arc: Geophysical Research Letters*, v. 28, no. 21, p. 4043–4046, doi: 10.1029/ 2001GL013518.

**Dengo, G., y Case, J., (1990).** *The geology of North America. The Caribbean Region. Vol. H. Colorado.*

**Dengo, G. 1968.** *Estructura Geológica, histórica, tectónica y morfología de América Central. (ICAITI), Guatemala.*

**Donnelly T., Horne, G., Finch, R., & Lopez-Ramos, E. (1990).** *Northern Central America: The Maya and Chortis Blocks. In G. Dengo, & J. E. Case (Eds.), Geology of North America, H: The Caribbean Region. (Sociedad Geológica Americana) Boulder, Colorado, EEUU.*

**Frischbutter, A. (2002).** *Structure of Managua Graben, Nicaragua From Remote Sensing Image, Geofisica Internacional V.4 N° 002 p. 87-102.*

**Hodgson G. (1982).** *Geología de un área de la Región Central de Nicaragua, cubriendo los sitios de presa Boboke-Mojolka y Copalar. (INETER), Managua, Nicaragua.*

**Hodgson, G. (1984).** *Resumen de la Historia en el Perfil Geotransversal Nicaraguense - Estado del Conocimiento 1984.*

**Hodgson, G. (2002).** *Geología general de Nicaragua "Introducción al léxico geológico de Nicaragua", Managua, Nicaragua.*

**Hodgson G. (2002).** *Geología Histórica Regional E Historia Geológica Estructural, Tectónica Simplificada de Nicaragua y América Central. Managua, Nicaragua*

**Mc. Birney and W.H. (Mc 1965).** *Volcanic history of Nicaragua. (Universidad de California), EEUU. Publications in the Geological Sciences, Vol. 55, p, 1-69*

**Ministerio de Energía y Mina (MEM) – DGM – DIG (2010).** *Informe de Mapificación Geológica del Cuadrángulo Santa Elisa serie 3153-IV, Escala 1: 50 000.* Managua, Nicaragua.

**Ministerio de Energía y Mina (MEM) – DGM – DIG (2011).** *Mapeo Geológico-Minero del cuadrante Río La Toboba serie 3254-III.* Managua, Nicaragua.

**Ministerio de Energía y Mina (MEM) – DGM – DIG (2013).** *Mapificación del Cuadrángulo Cerro Ubú serie 3254-IV.* Managua, Nicaragua.

**Ministerio de Energía y Mina (MEM) – DGM – DIG (2015).** *Informe de Mapificación del cuadrángulo Río la Cusuca serie 3253-IV, Escala 1: 50 000.* Managua, Nicaragua.

**Ministerio de Energía y Mina (MEM) – DGM – DIG (2018).** *Informe de Mapificación Geológica del Cuadrángulo Río Quisaura serie 3153-I escala 1:50 000.* Managua, Nicaragua.

**Venable, M. E. (1994).** *A geologic, tectonic and metallogenic evaluation of the Siuna terrane, (Universidad de Arizona), Tucson, Arizona, EEUU.*

**Zoppis, B y Guidice, D., (1958).** *Geología de costa del pacífico de Nicaragua.* (Servicio Geológico de Nicaragua). Nicaragua.

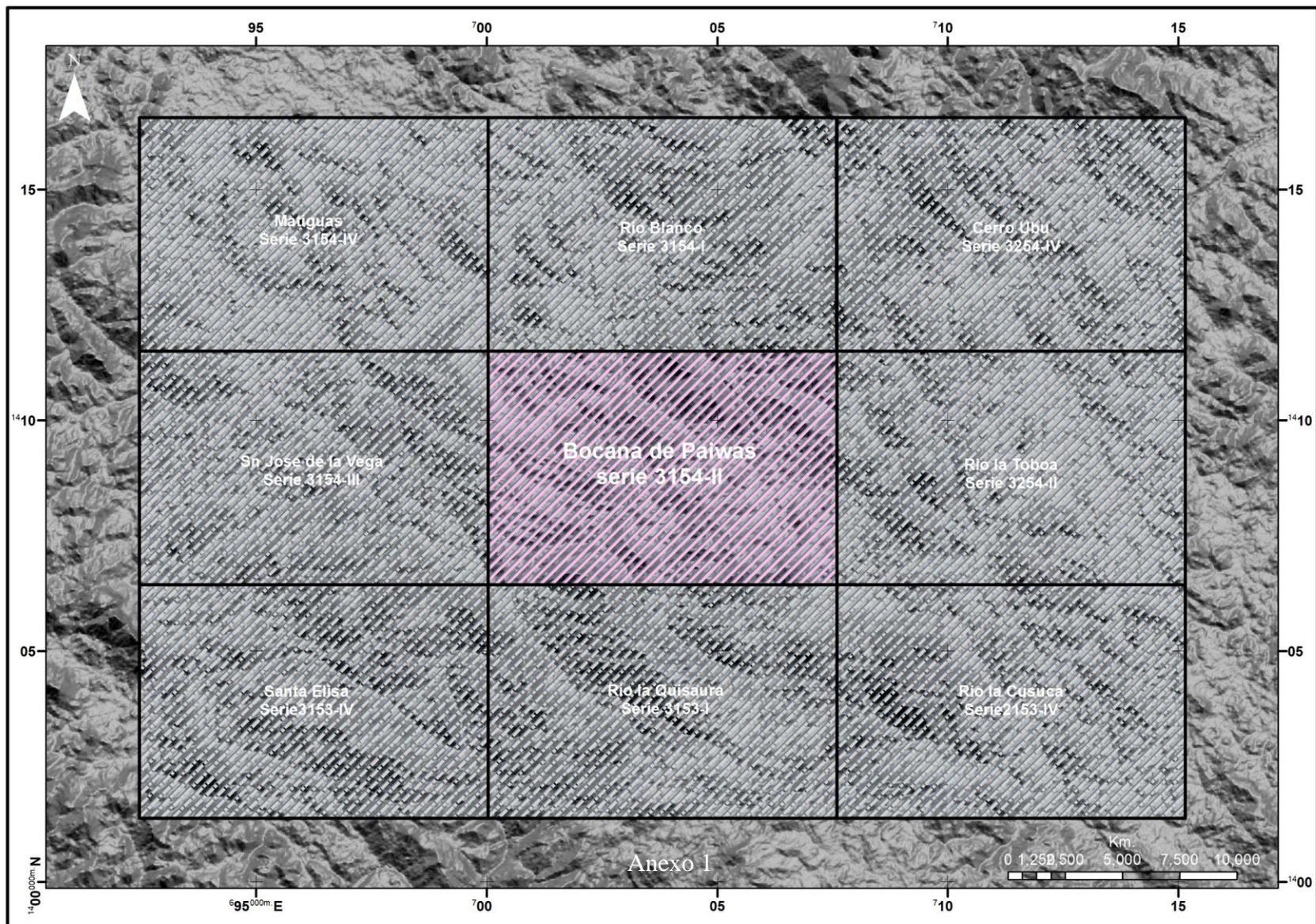
**Luigi Z., Daniele-G., Adolfo B., Roberto S (1960).** “*El Tungsteno y Molibdeno de Macuelizo*”. *Boletín S.G.N # 4 Ministerio de Economía, Republica de Nicaragua. Managua 1960.*”

**Laura Caro, Universidad de Antioquia (2008),** *Técnicas de Recolección de datos, artículo propuesto para clases de periodismo,* <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>. Antioquia.

**Gabriel B.** *Técnicas de recolección de datos, (2013), (archive pdf)* <https://gabriellebet.files.wordpress.com/2013/01/tecnicas-de-recoleccion-3b3n4.pdf>.

**María Estela Raffino.** *Métodos de investigación, (13 de agosto de 2020),* <https://concepto.de/metodos-de-investigacion/>. Colombia.

5.4 Anexos

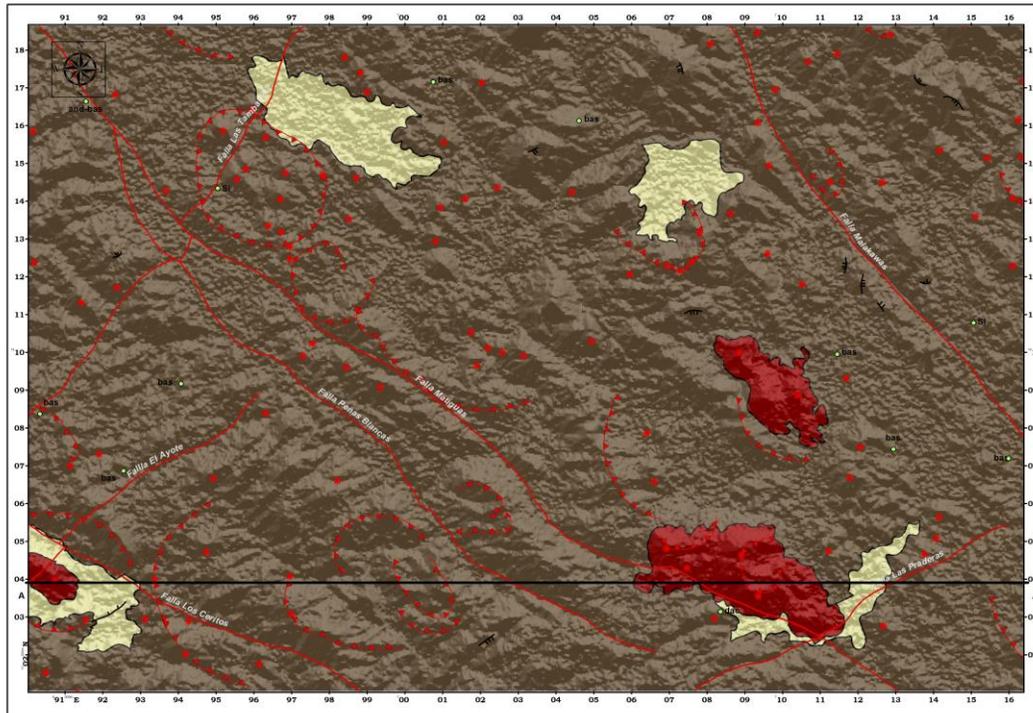


Br. Gabriel Quedo. Br. Arturo Pineda  
**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II**

Anexo 2



**MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRANTE BOCANA DE PAIWAS SERIE 3154-II**

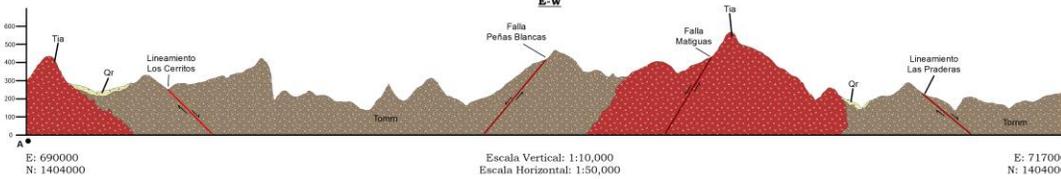


0 0.5 1 2 3 4  
 Km  
 Proyección Transversal de Mercator  
 UTM Nad 27  
 Escala 1:50,000  
 Zona 16

**Índice de Veracidad**  
 A: Buena  
 B: Medio  
 C: Regular



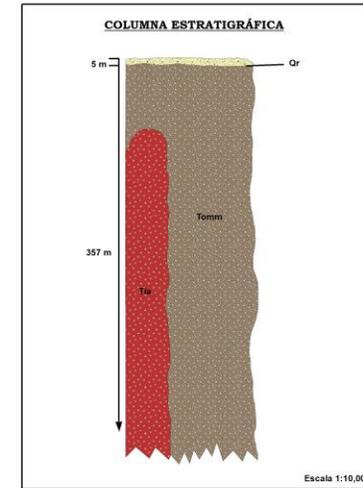
**PERFIL GEOLÓGICO E-W**



E: 690000  
 N: 1404000

Escala Vertical: 1:10,000  
 Escala Horizontal: 1:50,000

E: 717000  
 N: 1404000



**SIMBOLOGÍA**

- Calderas
- <40°
- >15° - <40°
- Centros Eruptivos

LITOLOGÍA	
	Qr
	Tomm
	Tia

ABREVIATURA LITOLÓGICA	
bas: Basalto	Qr: Cuaternario Residual
ri: Riolita	rx-sil: Roca Silicificada
sil: Silicificación	lx: Brecha
dac: Dacita	Qal: Cuaternario Aluvial

DINÁMICA ESTRUCTURAL	
	Movimiento Dextral (Derecho)
	Movimiento Sinistral (Izquierdo)
	U (Lado de la falla que sube)
	Linea de Perfil

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA UNAN-MANAGUA**  
 Recinto Universitario "Rubén Darío"  
 Facultad de Ciencias e Ingeniería  
 Departamento de Tecnología  
 Ingeniería Geológica

---

**Participantes**

Br. Gabriel Natanahel Quedo Herrera.  
 Br. Arturo José Pineda Aguilar.

**Tutora**

Ing. Sonia Pérez Vega

**Asesores**

Msc. Nelson Buitrago Trujillo.  
 Ing. Javier Pérez

<b>untos muestreados del cuadrángulo.</b>			
<b>NUMERO</b>	<b>COORDENADAS</b>		<b>DESCRIPCIÓN DE CAMPO</b>
	<b>ESTE (X)</b>	<b>NORTE (Y)</b>	
1	699960	1419704	Basalto
2	699913	1419589	Basalto
3	700759	1418495	Basalto
4	701022	1417790	Basalto
5	701168	1417440	Basalto
6	701342	1416795	Basalto
7	701736	1415974	Basalto
8	701274	1416020	Basalto
9	702150	1415217	Basalto
10	702556	1414719	Basalto
11	703614	1413895	Basalto
12	704333	1414597	Basalto
13	705309	1415473	Cuaternario Residual
14	705944	1415884	Basalto
15	706477	1416031	Basalto
16	707043	1415888	Basalto
17	707650	1415872	Basalto
18	708280	1416213	Basalto
19	709118	1416144	Basalto
20	709506	1415991	Basalto
21	710326	1415944	Basalto
22	710590	1415576	Basalto
23	711077	1415027	Basalto
24	711125	1414794	Basalto
25	711771	1414022	Basalto
26	712047	1413281	Basalto
27	712623	1412328	Basalto
28	713372	1411817	Basalto
29	714143	1411366	Basalto
30	692811	1419205	Basalto
31	693084	1418867	Basalto
32	693488	1418126	Basalto
33	693681	1418126	Basalto

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

34	694315	1417988	Roca silicificada y Basalto
Numero	E	N	Descripción
35	694769	1417833	Basalto
36	695098	1417509	Basalto
37	694910	1417133	Basalto
38	694776	1416776	Basalto
39	694706	1416361	Basalto
40	690064	1417819	Basalto
41	690551	1417569	Basalto
42	690768	1417477	Basalto
43	691438	1417255	Basalto
44	691787	1416716	Basalto y Cuaternario Residual
45	692020	1415984	Basalto
46	692391	1415690	Basalto
47	692576	1415692	Basalto Amigdaloidal
48	693124	1415433	Basalto
49	693406	1415128	Basalto
50	694008	1414085	Basalto
51	694102	1413373	Basalto
52	694082	1412802	Basalto
53	694305	1412210	Cuaternario Residual
54	694317	1411817	Basalto y Cuaternario Residual
55	694413	1411677	Cuaternario Residual
56	694545	1411376	Cuaternario Residual
57	694588	1410859	Basalto
58	694837	1410570	Basalto
59	694874	1410435	Basalto
60	694595	1410162	Basalto
61	694408	1409748	Basalto
62	694537	1409823	Roca silicificada
63	694841	1409951	Basalto
64	695422	1410120	Basalto
65	695719	1409832	Basalto
66	696070	1409543	Basalto
67	696577	1409411	Basalto
68	697042	1409220	Basalto
69	697423	1409021	Basalto
70	697875	1408776	Basalto

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

71	698450	1408608	Basalto
Numero	E	N	Descripción
72	698810	1408505	Basalto
73	698695	1408235	Basalto
74	698614	1407917	Basalto
75	699222	1408529	Basalto
76	699728	1408586	Basalto
77	700186	1408453	Basalto
78	700379	1408416	Basalto
79	700703	1408370	Basalto
80	700942	1408451	Basalto
81	701226	1408525	Basalto
82	701720	1408822	Basalto
83	693930	1414453	Basalto
84	694206	1414896	Basalto
85	694837	1414980	Basalto
86	695075	1414855	Roca silicificada
87	695776	1415197	Basalto
88	696186	1415321	Roca silicificada
89	696635	1415542	Basalto
90	696806	1415361	Basalto
91	697430	1415230	Basalto
92	697445	1414845	Basalto
93	697476	1414382	Basalto
94	697702	1414021	Basalto
95	697671	1413709	Basalto
96	697799	1413215	Basalto
97	698282	1412845	Basalto
98	698401	1412676	Basalto
99	699125	1412153	Basalto
100	699364	1412144	Basalto
101	700141	1412402	Basalto
102	700315	1412385	Basalto
103	700456	1412312	Roca silicificada
104	700558	1412883	Basalto
105	718277	1410535	Basalto
106	715256	1410212	Basalto
107	715459	1409611	Basalto

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

108	715634	1409051	Basalto
Numero	E	N	Descripción
109	715391	1408654	Basalto
110	714795	1408640	Basalto
111	714601	1408258	Basalto
112	714274	1407620	Basalto
113	714161	1407171	Basalto
114	714048	1406522	Basalto
115	713778	1405944	Basalto
116	713794	1405471	Basalto
117	713340	1405226	Basalto
118	712850	1404856	Basalto
119	712398	1404699	Basalto
120	712070	1404134	Basalto
121	711733	1403615	Basalto
122	7116199	1403345	Basalto
123	711539	1402773	Basalto
124	711551	1402542	Basalto
125	710461	1402457	Basalto
126	710049	1402316	Basalto
127	709430	1402697	Riolita
128	709348	1402847	Riolita
129	709107	1402866	Riolita
130	708445	1403283	Basalto
131	708222	1403354	Basalto
132	707665	1403368	Basalto
133	707300	1403126	Basalto
134	706865	1402769	Basalto
135	706313	1402083	Basalto
136	705736	1401809	Basalto
137	706658	1415737	Basalto
138	705052	1415744	Basalto
139	705162	1416336	Basalto
140	705029	1416718	Basalto
141	704938	1417119	Basalto
142	705162	1417562	Basalto
143	704833	1417787	Roca silicificada
144	704512	1418196	Roca silicificada

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

145	704087	1418215	Basalto
Numero	E	N	Descripción
146	700458	1419365	Basalto
147	700550	1419438	Basalto
148	715589	1411243	Dacita
149	715827	1411383	Dacita
150	715912	1411128	Roca silicificada
151	715809	1412081	Dacita
152	715715	1412333	Dacita
153	715636	1412866	Basalto
154	715663	1413202	Basalto
155	715577	1413466	Basalto
156	715408	1413956	Basalto
157	715713	1414624	Basalto
158	716029	1414860	Basalto
159	714803	1414765	Basalto
160	717229	1414501	Basalto
161	716240	1408975	Basalto
162	717143	1409531	Basalto
163	716333	1408690	Basalto
164	716588	1408560	Basalto
165	716690	1408235	Basalto
166	716898	1407924	Basalto vesicular
167	716981	1407724	Basalto
168	717103	1407444	Basalto
169	708807	1416715	Basalto
170	708871	1417563	Basalto
171	708741	1417724	Basalto
172	708805	1418317	Basalto
173	708825	1418914	Basalto
174	714618	1419465	Basalto
175	714855	1419072	Basalto
176	714991	1418633	Brecha y Basalto
177	690171	1408616	Basalto
178	690375	1407709	Basalto
179	690633	1407022	Basalto
180	691269	1406726	Brecha Basáltica y Flujo Basáltico
181	692043	1406335	Brecha Basáltica y Flujo Basáltico

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

182	692246	1405760	Flujo Basáltico tipo aa
Numero	E	N	Descripción
183	692573	1405323	Basalto
184	693248	1405047	Basalto
185	693659	1404718	Basalto
186	694305	1404474	Basalto
187	695079	1404188	Basalto
188	695660	1403715	Basalto
189	695977	1403489	Basalto
190	696631	1403136	Basalto
191	695380	1403962	Basalto
192	694090	1409484	Basalto
193	694030	1408911	Basalto
194	693726	1408685	Basalto
195	693382	1408490	Basalto
196	693166	1408030	Basalto
197	692928	1407728	Basalto
198	692604	1407423	Basalto
199	692465	1407080	Basalto
200	692627	1406890	Basalto
201	693017	1406810	Flujo Basáltico tipo aa
202	693378	1406638	Basalto
203	693640	1406408	Basalto
204	693874	1406101	Basalto
205	694190	1405963	Basalto
206	694567	1405826	Basalto
207	694838	1405657	Basalto
208	695212	1405478	Basalto
209	695765	1405246	Basalto
210	696531	1404742	Basalto
211	696829	1404636	Basalto
212	697175	1404341	Basalto
213	705566	1402318	Basalto
214	705305	1402924	Basalto
215	704693	1403273	Basalto
216	704570	1403660	Brecha
217	704354	1403803	Brechosa silicificada
218	703664	1404177	Basalto

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

219	703269	1404420	Basalto
Numero	E	N	Descripción
220	703158	1404583	Basalto
221	702886	1405100	Basalto
222	702696	1405280	Basalto
223	703003	1405732	Basalto
224	702449	1405706	Basalto
225	703326	1404342	Basalto
226	705498	1403212	Basalto
227	705826	1406936	Basalto
228	705867	1404158	Basalto Amigdaloidal
229	705861	1404249	Basalto
230	706093	1404529	Basalto
231	706242	1404764	Brecha
232	706484	1405087	Basalto
233	706680	1405285	Basalto
234	707199	1405984	Basalto
235	706975	1406432	Basalto
236	706835	1406799	Basalto
237	707015	14073431	Basalto
238	707190	1407686	Basalto
239	707494	1408072	Basalto
240	714199	1407406	Qal, Flujo Basáltico
241	713744	1407660	Basalto
242	713081	1407948	Basalto
243	712726	1408091	Basalto
244	712370	1408217	Basalto
245	712092	1408104	Basalto
246	711601	1407959	Basalto
247	711396	1408083	Basalto
248	711130	1408534	Basalto
249	710936	1408784	Basalto
250	710796	1408984	Basalto
251	710491	1409286	Basalto
252	710024	1409579	Basalto
253	710208	1409610	Basalto
254	709874	1409603	Basalto
255	709657	1409517	Basalto

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE BOCANA DE PAIWAS, SERIE 3154-II

256	709133	1409380	Basalto
Numero	E	N	Descripción
257	708566	1409333	Basalto
258	711210	1408760	Basalto
259	711409	1409253	Basalto
260	711585	1409568	Basalto
261	711931	1409909	Basalto
262	712149	1410299	Basalto
263	712312	1410786	Basalto
264	712509	1410964	Basalto
265	703453	1413550	Basalto
266	703029	1413265	Basalto
267	702645	1412775	Basalto
268	702574	1412690	Basalto
269	702125	1412512	Basalto
270	701683	1412587	Basalto
271	703138	1412777	Basalto
272	703581	1412828	Basalto
273	703685	1412270	Basalto
274	703845	1411987	Basalto