

Trabajo de diploma



Facultad Geología y Minas

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

Ingeniero

Geólogo

Título: Fenómenos geológicos que afectan los viales del Consejo Popular Miraflores-Viviendas Checas.

Autor: Orlando Mayet Núñez.

Tutora: Ms.C. Amalia Beatriz Riverón Zaldivar.

MOA 2022

AGRADECIMIENTOS

Gracias a toda mi familia, a todos mis amigos dentro y fuera de esta universidad, gracias a todos los profesores que de una forma u otra me ayudaron, a mi tutora por todo el trabajo, la paciencia y dedicación que mantuvo conmigo; agradezco también a los profesores Dioelis, Liset, Yurisley que me apoyaron y guiaron cuando los necesité. A todos aquellos que me permitieron la realización de este trabajo, a mis compañeros de aula y de Residencia; gracias a mis amigos Reinier, Guillermo, Addiel, Loney, Adrián, Mairielis, Lázaro, Armando, Kalidis, Sayisbel, y a otros cuyos nombres no se escriben aquí por ser una larga lista pero que no dejan de ser importantes para mí.

A todos MUCHAS GRACIAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en especial a mi madre Alina Núñez que siempre me brinda su apoyo y está junto a mí en todos los momentos, a mi papa y a toda mi familia que siempre han querido verme formado como un buen profesional.

PENSAMIENTO

“Los hombres geniales empiezan grandes obras, los hombres trabajadores las terminan...”

Leonardo Da Vinci.

RESUMEN

Los viales por su continuo uso y la falta de una política de mantenimiento muestran en diferentes tramos deterioros que se presentan en el pavimento, incrementados estos daños por la acción de los fenómenos geológicos, razón por la cual surge la presente investigación **Fenómenos geológicos que afectan los viales en los repartos Miraflores-Viviendas Checas en el municipio de Moa**, para ellos se emplearon los métodos de investigación de observación. Por ello tiene como objetivo general caracterizar los fenómenos geológicos que influyen en el estado de conservación de los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas a través de la inspección visual para garantizar la durabilidad de los mismos mediante un proceso de mantenimiento y rehabilitación. Los principales resultados están la erosión, meteorización y acumulación como los fenómenos geológicos que afectan los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas del municipio de Moa, siendo la erosión el más desarrollado e intenso., que incrementan los deterioros en los viales como el hundimiento, piel de cocodrilo, baches.

ABSTRACT:

The present work entitled: Geological phenomena that affect the roads in the Popular Council Miraflores-Viviendas Checas in the municipality of Moa, aims to characterize the geological phenomena present in the area that affect the roads, for this the geological phenomena were identified, the degree of deterioration of the roads due to the influence of these phenomena, the intensity and distribution was determined to identify the most susceptible areas to these and thus qualitatively evaluate their intensity, where a geological survey is made in the Popular Councils supported by the plans of the urban settlement of each Popular Council at a scale of 1: 5000, provided by the Municipal Physical Planning Institute, which were digitized using a Geographic Information System (GIS), obtaining as a result that the geological phenomena that affect the roads are erosion, accumulation and weathering, their influence it is classified as low-medium, medium-high and high in the Miraflores neighborhood, low, low-medium and high in the Czech homes neighborhood, and measures are proposed to mitigate or reduce the deterioration and loss of the roads. Keywords: roads, erosion, accumulation, weathering, transportation.

ÍNDICE:

INDICE DE FIGURAS:	8
INTRODUCCION:	9
Marco teórico conceptual de la investigación	11
CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS económico-GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN Y ÁREA DE investigación.....	20
1.1 Características económico-geográficas de la región:	20
1.2 Características Geológicas regionales y del área de estudio:.....	31
CAPÍTULO II: materiales y métodos de INVESTIGACIÓN	44
2.1. Recopilación y revisión de la información existente	44
2.2. Trabajo de campo	45
2.3. Interpretación de los resultados	46
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.1 Resultados obtenidos.....	48
3.2 Identificación de los deterioros de los viales en los repartos Miraflores y Viviendas Checas:	54
3.3 Influencia de los fenómenos geológicos en los Repartos Miraflores Viviendas Checas en el deterioro de los viales:	58
Conclusiones:.....	60
RECOMENDACIONES:	61
Bibliografía:	62

INDICE DE FIGURAS:

Figura 1 : Esquema de ubicación geográfica del área de estudio (realizado en el programa ARGIS, 2022)	20
Figura 2: Mapa geomorfológico. Escala 1: 50 000 (Modificado de Rodríguez 1998a).....	23
Figura 3: Mapa de precipitaciones de la región de Moa. Esc. 1: 250 000.....	24
Figura 4: Mapa de densidad de vegetación (Escala original 1:25 000) Tomado de (Céspedes, Y. 2014).....	26
Figura5: En la figura debes colocar el nombre de los principales ríos.....	28
Figura 6: Mapa geológico. Escala 1: 50 000 (Modificado de Rodríguez, A. 1998a).....	33
Figura 7: Mapa tectónico de Moa escala original 1: 50 000. Tomado de Rodríguez 1998.....	34
Figura 8: Mapa de bloques morfotectónicos. Escala 1: 100 000 (Modificado de Rodríguez A. 1998a).....	39
Figura 9: Zonas sismogeneradoras principales que afectan al territorio oriental de Cuba.....	43
Figura 10: Flujograma de la investigación.....	45
Figura11: Mapa de puntos documentados del área de estudio perteneciente a los repartos Miraflores-Viviendas Checas.....	46
Figura 12: principales fenómenos geológicos que se desarrollan en el área de estudio.....	47
Figura13: Captura de pantalla del ArcGIS que se realizaron para procesar tu imagen.....	48
Figura 14: Mapa de puntos documentados.....	50
Figura 15: Mapa de representación de la influencia de la erosión en el reparto Miraflores.....	52
Figura 16: Mapa de representación de la influencia de la erosión en el reparto Viviendas Checas.....	52
Figura 17: Representación de la erosión en los repartos Miraflores y Viviendas Checas.....	53
Figura 18: Mapa de representación del fenómeno geológico meteorización en el reparto Viviendas Checas.....	53
Figura 19: Representación del fenómeno geológico meteorización en el reparto Miraflores.....	55
Figura 20: Afectación sistemática de alcantarillado, reparto Miraflores.....	55
Figura 21: Mapa de representación del fenómeno geológico acumulación en el reparto Miraflores.....	56
Figura 22: Mapa de representación del fenómeno geológico acumulación en el reparto Viviendas Checas.....	56
Figura23: Piel de cocodrilo con A- severidad baja en Viviendas Checas y B- con severidad alta en Miraflores...58	
Figura 24: Hundimiento del vial con severidad alta e influenciado por la erosión en el reparto Miraflores.....	58
Figura 25: Representación de baches en los repartos Miraflores y Viviendas Checas.....	59
Figura 26: perdida de agregados.....	60
Figura 27: Mapa de representación de la influencia de los procesos geológicos en los repartos Miraflores-Viviendas Checas.....	61

INTRODUCCION:

Los viales, vinculados con el transporte terrestre automotor, son más prolíferos en todo el mundo, por medio de ellos se encuentra conectado prácticamente todo el planeta. Las carreteras además de contribuir económicamente ayudan en muchas otras esferas del desarrollo de la humanidad, permitiendo el intercambio sociocultural entre los pobladores.

En Cuba las carreteras sufren en su mayoría de sobreexplotación, ya que este medio es el más empleado en el país. Los costos de otros medios de comunicación, vinculado con la infraestructura creada, alrededor del transporte terrestre automotor hacen que sea más factible el gasto en mantenimiento de los viales, en lugar de promover el desarrollo de otro medio de transporte.

En Moa la mayoría de los viales fundamentalmente los secundarios se encuentran en muy malas condiciones debido a la actividad antrópica o a los procesos naturales; esta situación se agrava por la escasez de asfalto para la solución de todos los problemas acaecidos en el sistema de viales de la ciudad. Frente a esta problemática es necesario desde el gobierno municipal a partir de la recuperación económica del país y teniendo en cuenta el deterioro paulatino de los viales, realizar la reparación de los mismos a partir del estudio e identificación de las causas que provocan el estado actual de los viales fundamentalmente en los repartos Miraflores y Viviendas checas.

Teniendo en cuenta la importancia que reviste para la dirección del municipio elevar el bienestar social y la calidad de vida para los pobladores del Consejo Popular, la presente investigación plantea resolver el siguiente problema:

Problema:

Necesidad de caracterizar los fenómenos geológicos que influyen en el estado de conservación de los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas a través de la inspección visual para garantizar la durabilidad de los mismos mediante un proceso de mantenimiento y rehabilitación.

Objeto de la investigación:

Los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas.

Campo de acción:

Los fenómenos geológicos que influyen en los viales los Repartos Miraflores-Viviendas Checas.

Objetivo general:

Caracterizar los fenómenos geológicos que influyen en el estado de conservación de los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas a través de la inspección visual para garantizar la durabilidad de los mismos mediante un proceso de mantenimiento y rehabilitación.

Objetivos específicos:

1. Identificar los fenómenos geológicos de los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas del municipio de Moa.
2. Determinar la intensidad y distribución de los fenómenos geológicos en los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas del municipio de Moa.
3. Diagnosticar los deterioros de los viales de los Repartos Miraflores-Viviendas Checas y proponer sus posibles soluciones de mantenimiento y rehabilitación

Hipótesis:

Si se logran identificar los fenómenos geológicos, su intensidad, distribución e influencia en el estado de conservación de los viales, se podrán establecer criterios para el proceso de recuperación y rehabilitación que garantice la durabilidad de los mismos.

Tareas de investigación a desarrollar:

1. Diagnosticar el estado de los viales del área de estudio.
2. Documentar y describir los fenómenos geológicos presentes en el área de estudio.
3. Caracterizar la intensidad de los fenómenos geológicos presentes en el área de estudio.

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente siglo XXI, los problemas del desarrollo sostenible, en un frágil equilibrio medioambiental sometido a la inevitable confrontación entre las consecuencias del progreso y los procesos geológicos junto a la construcción de diversas obras ingenieriles en condiciones geológicamente adversas, constituyen prioridades de la ingeniería geológica. La necesidad de estudiar geológicamente el terreno como base de partida para los proyectos constructivos de obras es indiscutible en la actualidad, y constituye una práctica obligatoria para esta ciencia. Las investigaciones ingeniero geológicas in situ son esenciales para la construcción de obras de ingeniería, por ello el diseño de las mismas constituye un arte que requiere además de un buen criterio y experiencia, la planificación adecuada, métodos de investigación apropiados, datos representativos, resultados relevantes e informes expuestos con precisión y claridad. Su objetivo principal radica en conocer y cuantificar las condiciones del terreno que puedan afectar la viabilidad, diseño y construcción de una obra. (González de vallejo et al 2002)

La acción del hombre al realizar trabajos constructivos, en un entorno geográfico como el que nos ocupa, altera las condiciones del medio natural. Por ello se hace necesario enmarcar los principales conceptos que se manejan durante la presente investigación que unidos a los principales conocimientos teóricos se reflejan a continuación:

Procesos geológicos: son procesos naturales responsables de la formación y destrucción de las rocas y minerales que conforman la litosfera. Fundamentalmente son: meteorización, erosión, además transporte y por último sedimentación. La acción de estos tiende a destruir el relieve existente, llevar los materiales a zonas deprimidas y rellenar, con estos, dichas zonas con el fin de obtener una superficie homogénea o de equilibrio en donde su acción no sea necesaria al no existir relieve.

Meteorización: incluye todos los procesos de desintegración física y descomposición química de las rocas y minerales que se encuentran en la superficie terrestre por efecto de los agentes del intemperismo como el agua, el

dióxido de carbono, el oxígeno, las diferencias de temperatura, los ácidos orgánicos y la acción de componentes biológicos. En dependencia del tipo de proceso que predomine se clasifica en meteorización física y meteorización química.

Erosión: según Griem Griem-Klee (1999, 2003), la erosión es el proceso del inicio del transporte o el inicio de un movimiento. El impulso de la erosión pueden ser fuerzas del agua, del hielo, del viento o la fuerza de gravedad, etc. Lo más importante es la erosión por agua especialmente en los ambientes aluviales, fluviales y litorales. La energía del inicio del movimiento es siempre mayor que la energía del transporte. Es decir, las fuerzas para erosionar una roca son mayores que las de mantener las mismas partículas en movimiento. A parte de las fuerzas de erosión tradicionales existen otros fenómenos de menor importancia: erosión por fuerzas tectónicas, por impacto de meteoritos o por acciones antropogénicas. La erosión es un fenómeno natural que en muchas ocasiones afecta las actividades socioeconómicas del hombre:

- Actualmente la erosión es parte de las preocupaciones en la planificación de nuevas infraestructuras o en planificación del desarrollo urbano (construcción de viales, puentes, carreteras, etc.).
- La erosión costera es un riesgo geológico que afecta a casi toda la población que vive en las cercanías de los mares.
- La erosión eólica (por el viento) destruye inmensas áreas de producción agrícola.

Clasificación de los tipos de erosión:

Existen dos tipos de erosión: la **erosión natural** y la **erosión antrópica** o causada por el hombre.

La erosión natural: La erosión natural resulta de la acción combinada del agua y el viento que desprenden y arrastran partículas del suelo y humus. La

erosión provocada por efecto del agua recibe el nombre de erosión hídrica, mientras que la provocada por efecto del viento se conoce como erosión eólica.

Erosión hídrica: Corresponde al desgaste del suelo a causa del flujo de agua. Este tipo de erosión puede ser pluvial o fluvial.

La erosión pluvial: Corresponde al efecto erosivo del agua de lluvia. Una gota de agua es aproximadamente 1.000 veces más grande que una partícula de suelo. Por lo tanto, la fuerza del impacto de una sola gota de lluvia es suficiente para dispersar y arrastrar las partículas de suelo que encuentre a su paso.

La erosión fluvial: Es producida por las aguas continentales. Los ríos y corrientes subterráneas desgastan con su paso los materiales de la superficie terrestre. Parte del suelo es arrastrada en dirección al mar, depositándose estos materiales en diversos lugares y modelando el paisaje.

Erosión eólica: Cuando el viento sopla con fuerza levanta las partículas del suelo y las moviliza en distintas direcciones. Este agente erosivo es menos intenso que el agua. Sin embargo, en los reglones secos adquiere gran importancia. En las zonas costeras y en las desérticas, el viento arrastra la arena desprovista de materia orgánica hasta los terrenos de cultivo, depositándose sobre ellos y destruyendo su vegetación.

Erosión antrópica:

En los terrenos con abundante vegetación, la erosión es menor porque las raíces de las plantas ayudan a retener las partículas que forman el humus. La tala de árboles, para usar la madera u obtener áreas cultivables, agrava la erosión, al permitir que el suelo sea desgastado por las lluvias y el viento, lo que genera zonas inutilizables. La construcción de canales que transportan el agua de los ríos para el riego artificial puede producir sectores secos y zonas inundadas. (Tomado de <https://tiposde.eu/tiposde-erosion>).

Algunos de los factores condicionantes de los procesos erosivos:

Lluvia: La variable climática más importante es la lluvia, debido a su fuerte influencia en ciertos procesos de erosión hídrica (erosión de impacto, riles, cárcavas, etc.) (Morgan, 2005). El agua de lluvia provoca la erosión del suelo por el impacto de las gotas sobre su superficie, cayendo con velocidad y

energía variables y a través del escurrimiento del torrente. Su acción erosiva depende de la distribución pluviométrica, más o menos regular, en el tiempo y en el espacio y de su intensidad. Lluvias torrenciales o chaparrones intensos, como una tromba de agua, constituyen la forma más agresiva de impacto del agua en el suelo.

Cobertura Vegetal: La vegetación actúa como cubierta protectora estableciéndose como un buffer entre el suelo y la atmósfera (Morgan, 2005). Como regla general, la efectividad de la vegetación para reducir la erosión de impacto depende directamente de la altura y continuidad de la copa de los árboles, así como de la densidad de la superficial (pastos, hierbas y arbustos). La cobertura vegetal es la defensa natural de un terreno contra la erosión.

Topografía: La topografía es una variable muy importante al momento de predecir la erosión y sedimentación en un sitio dado. Factores como inclinación y largo de la pendiente determinan la cantidad y velocidad del escurrimiento superficial que se generarán producto de una tormenta dada. La distancia horizontal en la que viaja una partícula de suelo desprendida por el impacto de una gota de lluvia, está en directa relación con la inclinación de la pendiente. Por otro lado, la longitud de la pendiente influye en la profundidad y por ende en el poder erosivo del flujo superficial que se genere, siendo estas variables mayores en las secciones más bajas de la ladera, debido a una mayor área de contribución (Morgan, 2005; García-Chevesich, 2008).

Suelos: Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. Las propiedades físicas del suelo, principalmente textura, estructura, permeabilidad y densidad y las características químicas, biológicas y mineralógicas, ejercen diferentes influencias en la erosión, al otorgar mayor o menor resistencia a la acción de las aguas. La textura, o sea, el tamaño de las partículas, influye en la capacidad de infiltración y de absorción del agua de lluvia, interfiriendo en el potencial de torrentes del suelo y con relación a la mayor o menor cohesión entre las partículas. (Tomado de tesis de diploma Owen D. 2014).

Material parental: Significa el material geológico inalterado (generalmente roca madre o de un depósito superficial o arrastrado) en donde se irán formando los horizontes del suelo. Los suelos típicamente tienen un gran compromiso estructural y de minerales desde su material parental. El material parental hecho de minerales consolidados o no consolidados que son sometidos a algún grado de meteorización física o química o biológica.

Sedimentación: Es la acción modeladora que consiste en la deposición y acumulación de los materiales procedentes de la erosión. Ocurre una vez que cesa el movimiento por transporte y se alcanza una posición de reposo. La sedimentación puede ser eólica, fluvial, marina y glacial.

Drenaje en carreteras:

El drenaje transversal: de la carretera se consigue mediante alcantarillas cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente. Se entiende por alcantarilla a una estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la carretera, sea de hasta 6 m. Losas de luces mayores, se tratarán como puentes en lo relativo a su cálculo hidráulico. La alcantarilla debe ser capaz de soportar las cargas del tráfico en la carretera, el peso de la tierra sobre ella, las cargas durante la construcción, etc., es decir, también debe cumplir requisitos de tipo estructural. El objeto del drenaje en las carreteras, es en primer término, el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una y otra forma llega a la misma, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue a la carretera. Para que una carretera tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por la misma destruyendo el pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por los drenajes se deposite originando pérdidas de estabilidad y asentamientos perjudiciales. El prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de una carretera. Para darle prolongación al sistema de desagüe natural resultante de los ríos, cauces, arroyos, que es detenido por la presencia de una carretera debe ser restituido dicho drenaje por uno artificial (hecho por el hombre). Para que garantice lo menos posible el

paso de aguas por dicha carretera, así pues, los drenajes también permitirán evacuar las aguas de la carpeta de rodamiento de la vialidad como las aportadas de manera natural. En su diseño influyen otros factores además de los hidráulicos que principalmente determinarán sus dimensiones. Estos factores se derivan de las características de la carretera, de la morfología de los cauces, de la evaluación de los daños que puede ocasionar la concentración del flujo y otras consideraciones, fundamentalmente económicas, relativas a los costes de construcción y mantenimiento y a la estimación de la vida de la carretera. Se debe tener en cuenta la influencia de factores para un diseño adecuado, tratando aspectos como la pendiente de la obra, su alineación, la capacidad de las bajantes o encauzamientos, la situación de la obra y el diseño de la abertura y de la salida, contribuyendo con criterios y soluciones para la consideración de las características específicas de las obras. Las obras de drenaje Transversales pueden dividirse en dos grupos: Las conocidas comúnmente por «pequeñas obras de desagüe», cuya sección resulta determinante para el desagüe del cauce, y que están generalmente provistas de una solera. Las tipologías contempladas son caños, arcos de medio punto y arcos rebajados, todos ellos de hormigón en masa. Se acompañan también modelos de pozos para distintos tipos de cunetas. Los puentes, viaductos y, en general, las obras de paso de grandes dimensiones o «grandes obras de desagüe», están directamente relacionadas con cauces y caudales más significativos e inquebrantables, mayor altura, luces mayores a 10m pasan grandes volúmenes de agua a raves de la obra en una dirección perpendicular a ella, cuya sección no resulta determinante para el desagüe del cauce, pero que presentan otros problemas (sobreelevaciones de la lámina de agua, erosiones bajo apoyos). No suelen tener solera, las obras de drenaje transversal deberán perturbar lo menos posible la circulación del agua por el cauce natural, sin excesivas sobre-elevaciones del nivel del agua, que pueden provocar aterramientos aguas arriba, ni aumentos de la velocidad que pueden provocar erosiones aguas abajo. Criterios técnicos de fabricación. A la hora de proyectar el drenaje de una carretera deben tenerse en cuenta una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad. Los más destacables son:

- **Factores topográficos:** Dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo, en desmonte, terraplén o media ladera, la tipología del relieve existente, llano, ondulado, accidentado, o la disposición de sus pendientes en referencia a la vía.

- **Factores hidrológicos:** Hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las Capas inferiores del firme.

- **Factores geotécnicos:** La naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condicionada la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto de origen, así como la posibilidad de que ocasione corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, influyendo también la existencia de vegetación. La mínima dimensión de la pequeña obra de drenaje transversal no debe ser menor a la establecida por las normas de instrucción de carreteras (5-2-IC) Y a su vez es preferible sobredimensionar los diámetros de los tubos, para garantizar que la tubería drenara cuando este obstruida por escombros.

El drenaje longitudinal: En una carretera es un proceso de vital importancia para la infraestructura, no sólo por motivos constructivos, sino también para mantener unos niveles de seguridad en la circulación de vehículos sobre esta. La principal función del sistema de drenaje de una carretera es la evacuación del agua procedente de precipitaciones que se vierte sobre la plataforma de la carretera y los desmontes adyacentes a esta. De esta forma, se mantiene la superficie de rodadura libre de encharcamientos y se evita el fenómeno conocido como aquaplaning, que se produce cuando el neumático en su proceso de movimiento no es capaz de evacuar la totalidad del agua presente en la superficie y pierde el contacto efectivo (y por tanto las condiciones de adherencia) con el pavimento, generándose una pérdida de control del vehículo por parte del conductor. Además, la introducción de cunetas en una carretera elude la sedimentación de elementos procedentes de los terrenos en desmonte sobre la superficie de la vía, los cuales pueden resultar bastante peligrosos

para la circulación sobre esta. De esta forma, la existencia de un drenaje longitudinal adecuado posibilita una circulación confortable y en buenas condiciones de seguridad por parte de los usuarios de la vía. Asimismo, el drenaje longitudinal es un elemento fundamental de cara a garantizar que el periodo de vida útil del pavimento no se vea resentido, principalmente por dos motivos: por una parte, la disposición de una correcta red de drenaje disminuye la infiltración del agua de lluvia en los poros de la mezcla bituminosa, hecho muy importante para el correcto mantenimiento de la infraestructura, ya que esa agua al producirse un descenso en la temperatura (durante las horas más frías del día: tarde, noche y madrugada) se congela y aumenta su volumen, generando grandes daños en las capas externas del pavimento. Recordemos que la capa de rodadura (superficial) está especialmente diseñada para proporcionar unas condiciones óptimas de adherencia a los vehículos que circulen sobre ella. Si esta capa se ve dañada, la seguridad de circulación disminuye considerablemente. Por otra parte, la red de drenaje, como se ha mencionado anteriormente, impide la sedimentación de elementos procedentes de los terrenos en desmonte arrastrados por el agua de lluvia o simplemente por la acción de la gravedad. Esto evita un deterioro prematuro de las condiciones de la superficie del pavimento, generado por la acción erosiva sobre este. De esta forma, el drenaje longitudinal es esencial en las obras de carreteras, no sólo desde el punto de vista de persistencia de la infraestructura en buenas condiciones, sino también para mantener unas condiciones de seguridad y confortabilidad adecuadas a la circulación de tráfico rodado sobre esta. Se puede concluir que los drenajes son necesarios para la preservación de las carreteras. Las estructuras de drenajes son de mucha importancia ya que las carreteras se construyen en el camino interceptando el sistema de drenaje natural, y así garantiza el libre escurrimiento de las aguas que caen desde las laderas, ríos, taludes y de la misma carpeta de rodamiento. Se puede decir que las obras tienen un impacto positivo al medio ambiente la infraestructura de la carretera se vería afectada por la erosión, sedimentación, así como también modificaciones al drenaje natural.

Trabajos precedentes

Durante la ejecución de la investigación se consultaron diferentes trabajos que sobre la temática se han desarrollado, aunque no existe mucha información sobre alguno realizado en el área de estudio.

Salifu Ibn Abdulai (2013) en su trabajo de diploma, realiza una caracterización ingeniero- geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y subbase de la carretera Moa –Baracoa en tramo Moa- Jiguaní.

Informe ingeniero geológico Carretera Moa Baracoa. ENIA, el presente informe trata sobre las Investigaciones Ingeniero Geológicas realizadas para la Rehabilitación de la carretera Moa-Baracoa. Tramo Guantánamo (Río Jiguaní-Baracoa).

Cala Yulienis (2010): en el trabajo de diploma Estudio de los peligros geológicos para la evaluación de la vulnerabilidad de la carretera Moa – Baracoa (Tramo Moa - Río Jiguaní), se ejecutó a escala 1:25 000, tiene como objetivo establecer la intensidad de los peligros geológicos y determina la vulnerabilidad ante los mismos del tramo del vial.

Cantillo Rodríguez (2014) Caracterización ingeniero geológica e hidrogeológica de los suelos que constituyen base y sub-base de la carretera Moa-Baracoa tramo rio Jaguaní- rio Toa con el objetivo de conocer las condiciones ingeniero geológicas para la rehabilitación de la misma.

Pérez Vásquez (2018) Fenómenos geológicos que afectan los viales en los Consejos Populares La Playa, Las Coloradas, Los Mangos y Joselillo en el municipio de Moa, con el objetivo de caracterizar estos procesos geológicos y proponer un plan de medidas.

De acuerdo a las evidencias de la interpretación de todos los materiales y las observaciones realizadas en el campo, se caracterizaron los fenómenos geológicos del área de estudio.

CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS ECONÓMICO-GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN Y ÁREA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Características económico-geográficas de la región:

Moa se constituye como municipio en 1976 con la nueva División Político Administrativa del país, modificándose su extensión territorial en el 2010. Al triunfo de la Revolución formaba parte de Baracoa. En el periodo anterior a la mencionada División Político Administrativa (DPA) formó parte de la Región Mayarí, primero, y de la Región Minera posteriormente. Su población al triunfo de la Revolución se calculaba en 12 mil habitantes, parte de su población refleja aún sus raíces aborígenes, principalmente en la zona costera del este, como se observa en los asentamientos de Cañete, Cupey y Yamanigüey, colindantes con Baracoa. Representa el 7,2 por ciento de la superficie total de la provincia y ocupa el quinto lugar en extensión superficial entre los 14 municipios de Holguín., con 766,3 kilómetros cuadrados, incluidos los cayos adyacentes; representa el 7,2 por ciento de la superficie total de la provincia Holguín.

El municipio se encuentra situado en el extremo este de la provincia; es esencialmente montañoso con una estrecha franja semillana en la costa Atlántica donde se asientan los principales conglomerados poblacionales. Su geografía se extiende en todo el macizo montañoso Sagua Baracoa que forma parte del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, rico en fauna, flora y con numerosas especies autóctonas. En este paisaje, cuya altura mayor es el pico El Toldo con 1117 metros de altura, están enclavados 4 asentamientos poblacionales rurales, que tienen como actividad económica fundamental el cultivo del café, la silvicultura y la minería; además en el municipio se encuentran los principales yacimientos de minerales lateríticos con altos contenidos de hierro, níquel, cobalto lo que permite el desarrollo de una poderosa industria niquelífera con un volumen productivo anual de más de 65 000 toneladas.

El municipio, a raíz de la reciente División Político Administrativa aprobada por la Asamblea Nacional, lo integran 21 asentamientos poblacionales, dos urbanos y 19 rurales, de los cuales, cuatro forman parte del Plan Turquino, programa de la Revolución creado para desarrollar económica y socialmente la

zona montañosa del país. Al este del territorio están situados siete asentamientos, uno de ellos urbano, Punta Gorda, creado por orientaciones del Comandante Ernesto Che Guevara en los inicios del triunfo de la Revolución y seis rurales. Esta parte del territorio colinda con Baracoa, siendo su límite natural el río Jiguaní. Al oeste se encuentran 8 asentamientos rurales con baja densidad poblacional, colindantes con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País. Al sur, muy próximo a la cabecera municipal está situado el asentamiento La Veguita. Más al sur, en medio del macizo montañoso radican tres de los cuatro asentamientos de montaña que tiene el territorio. El otro asentamiento rural de montaña es La Melba, al sureste, colindante con el municipio Yateras, provincia Guantánamo. (Anuario Estadístico Holguín 2020)

El municipio de Moa se encuentra ubicado en la provincia Holguín, al noroeste de Cuba oriental (Figura 1). Limita al Este con el municipio Baracoa, al Sur limita con el municipio guantanamero de Yateras; por el Oeste con los municipios de Frank País y Sagua de Tánamo y al Norte con el estrecho de Bahamas en el Océano Atlántico. Próximos a sus costas se encuentran los cayos Moa Chico y Moa Grande situados frente a la Ciudad de Moa y Cayo del Medio en la Bahía de Yamanigüey.

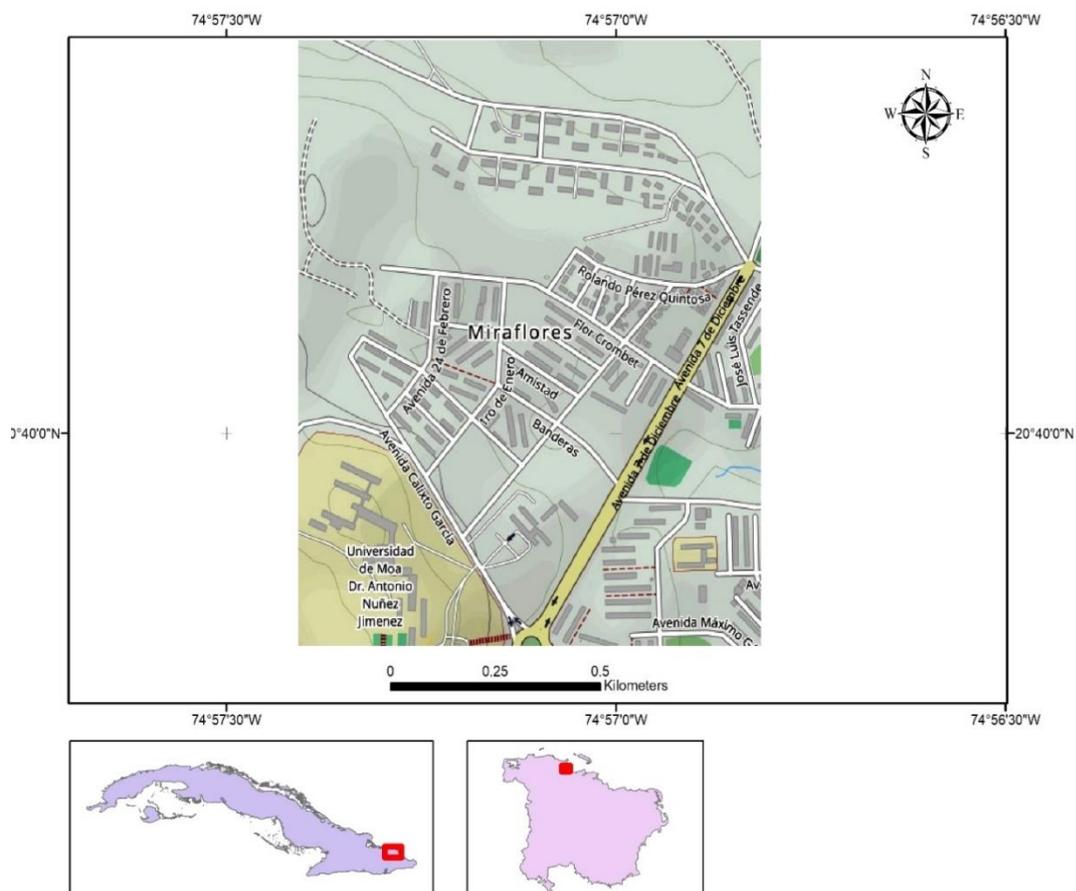


Figura 1: Esquema de ubicación geográfica del área de estudio (realizado en el programa ARGIS, 2022).

El relieve predominante es montañoso, fundamentalmente hacia la parte Sur de la región donde es más accidentado debido a la cercanía de la Sierra de Moa que se extiende en dirección submeridional; hacia el Norte de la región el relieve se hace más moderado con cotas que oscilan entre los 40 y 50 m como máximo, disminuyendo gradualmente hacia la costa; este relieve con grandes pendientes ha propiciado el arrastre de cantos rodados, bloques, gravas y material areno arcilloso los cuales se han depositado en las zonas de menos pendiente. Se observan zonas del relieve aplanadas y suaves. Este relieve es de origen tectónico formado por grandes bloques que han sido desplazados y sometidos a los agentes de intemperismo, los cuales han ido desnudando y transformando la geomorfología del área.

Según la Dra. C Alina Rodríguez Infante en su trabajo Relieve y neotectónica de la región de Moa refiere que genéticamente el relieve de Moa y sus áreas adyacentes está clasificado dentro del tipo de Horst. Como resultado de esta investigación se clasificó el relieve del territorio en dos tipos: Relieve de llanura y relieve de montaña. El relieve de llanura se desarrolla en toda la parte Norte del área y es el que predomina en el objeto de estudio de esta investigación, la formación de estas llanuras está relacionada con la acción de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales. Por otra parte los sedimentos que se acumulan proceden de las cortezas lateríticas transportados por los ríos que desembocan en la zona, principalmente el río Moa, cuya cuenca es la de mayor extensión y atraviesa extensas zonas descubiertas de vegetación. En el relieve de llanura se destacan las llanuras fluviales, las mismas se clasifican en acumulativas y abrasivo - acumulativas esto está en dependencia del proceso que predomine en su morfogénesis, las mismas se pueden localizar en los valles de los ríos Cabañas, así como en la zona comprendida entre Quesigua y Cupey. Los sedimentos que se acumulan en estas llanuras son de origen fluvial, su deposición es generalmente de carácter temporal y son removidos con frecuencia en los períodos de crecidas. Toda la zona de relieve de llanura de edad cuaternaria no ha estado exenta de la acción de los procesos tectónicos,

pudiendo notarse con facilidad en el mapa la existencia de fallas que cortan y desplazan el relieve.

El relieve de montaña es el más extendido en la región, los valores morfométricos así como la configuración de las elevaciones son extremadamente variables en dependencia de las características geológicas y el agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrollan así como el nivel isométrico que ocupa. Es muy frecuente dentro del territorio encontrar la formación de barrancos en la parte alta y media de los ríos que atraviesan el complejo ofiolítico y que tiene un fuerte control estructural, lo cual hace susceptible que en determinados sectores existan deslizamientos y arrastres de suelos.

Existen otras dos formas del paisaje de origen antrópico, nos referimos a las zonas minadas, específicamente las escombreras, que crecen cada día con el avance de la actividad minera constituyen sectores descubiertos y desmembrados que aceleran el proceso de formación de cárcavas, intensifican el arrastre de suelos con la ruptura del equilibrio fluvial y la acumulación anómalo de sedimentos. La segunda forma se refiere a las presas de cola que son características del paisaje del municipio, las que degradan paulatinamente el medio físico. En la actualidad en Moa están afectados 20 Km. de su

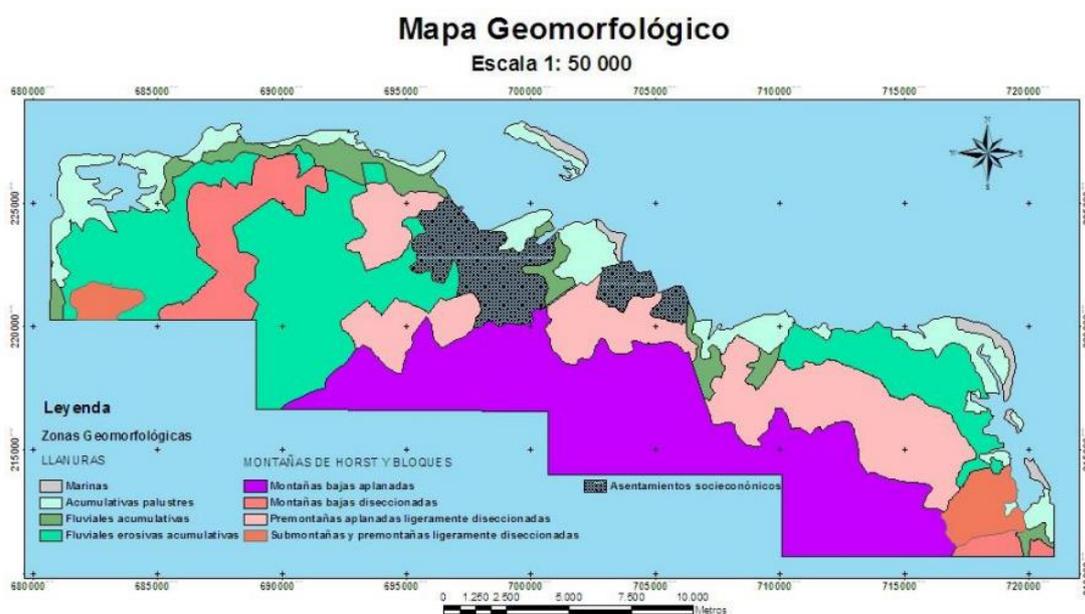


Figura 2: Mapa geomorfológico. Escala 1: 50 000 (Modificado de Rodríguez 1998a).

superficie por estos fenómenos, sin tener en cuenta el área afectada por la

actividad constructiva. Estas formas de paisaje además de alterar morfológicamente la superficie, constituyen sectores de pérdidas de la cobertura vegetal lo que no solo rompe la continuidad del ciclo hidrológico sino que también facilita la acción del viento además de todos los daños que acarrea al sector social en general.

El clima es tropical húmedo y está influenciado por la orografía ya que las montañas del grupo Sagua - Baracoa sirven de pantalla a los alisios del noreste que descargan abundantes lluvias en la parte norte. La zona se encuentra bajo el régimen de brisas y terrales. Los meses más cálidos son julio-septiembre con temperatura media de hasta 30.50C y los más fríos son enero y febrero con mínimas de 22-240C. La humedad relativa media anual es de 85%, los meses de mayor humedad son diciembre con un 94%, noviembre con un 86% y octubre con un 90%. Siendo estos tres meses el período de mayor humedad relativa del territorio. La evaporación anual presenta valores entre 2200 - 2400 mm; los meses de julio y agosto son los más secos. Los vientos son de moderada intensidad, en superficie presentan dirección noreste-este fundamentalmente. La distribución frecuencial anual de la dirección e intensidad del viento durante el año muestra que el sur es la más notable, con un 37,41%, seguido de los vientos de sentido norte-este con 32,52%, mientras que el resto de las direcciones poseen una frecuencia inferior al 10%, siendo la dirección oeste la de menor ocurrencia, con un 0,41%. La temperatura media anual oscila entre 22,6 °C –30,5 °C, en el verano se alcanzan valores de 30 °C hasta 32 °C y en el invierno de 22 °C a 26 °C, siendo los meses más calurosos desde julio hasta septiembre y los fríos de enero a febrero. Las presiones atmosféricas presentan una media anual de 1017,3 hPa, siendo la media máxima mensual de 1022,2 hPa en el mes de septiembre (Dunán Àvila, 2018)

El comportamiento de las precipitaciones en la región de Moa no coincide con las del resto del territorio nacional, los mayores promedios anuales se reportan de noviembre-febrero considerado para Cuba como período seco, siendo en Moa la época de mayores precipitaciones con valores de 2 300 - 2 600 mm (Figura 3), y son unas de las mayores pluviometrías del país, con una media

histórica de 2 600 mm /año (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos I.N.R.H).

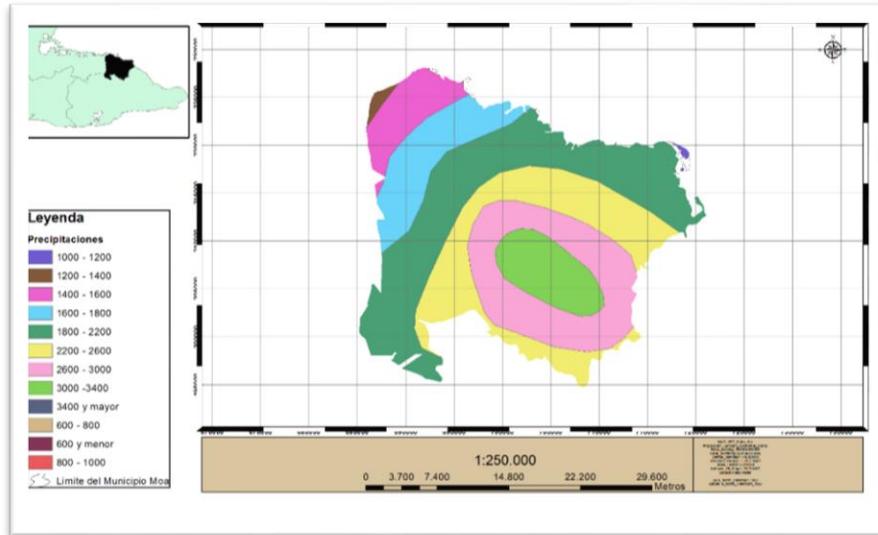


Figura 3: Mapa de precipitaciones de la región de Moa. Esc. 1: 250 000

De acuerdo a los datos históricos de los análisis pluviométricos perteneciente a la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de la provincia Holguín, existe un promedio de las precipitaciones mensuales para cada serie temporal analizada que corroboran la existencia de dos máximas, una principal correspondiente a los meses de octubre a enero y una secundaria en el mes de mayo. Para las mínimas, la principal ocurre en el período de marzo a abril y la secundaria de junio a septiembre.

El municipio de Moa tiene una situación particular, siendo la vegetación del mismo muy característica, por lo que ha evolucionado una flora muy típica que comprende el 33 % de todos los endemismos cubanos. La vegetación de estos suelos se mantiene por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollado, predominando el pinus cubensis y plantas latifodias, endémicas de la región. Debe destacarse que los pinares presentan hojas en forma de agujas, estos tienen alturas que oscilan entre 20 y 30 m, con una cobertura que constituye entre el 80 y el 90 % de la superficie. Entre los principales exponentes presentes en la región, incluimos los siguientes:

Pinus Cubensis

Jacarandá Arbóreo (Abey, Framboyán azul).

Clusia Rosea (Copey).

Cacaloba Shafan (Uvilla).

Euphorbia Helenae (Jazmín del Pinar).

Bactris Cubensis (Pajua).

Arthrostylidium ssp (Tibisí).

Las clases de más baja densidad de vegetación se distribuyen hacia el norte del área y en la parte central, relacionadas espacialmente con las actividades minero-metalúrgicas y agropecuaria ocupando más del 18% del área total del municipio Moa. Las actividades mineras son las que provocan la mayor pérdida de vegetación y alteración de las condiciones naturales de los suelos (**Figura 4 y Tabla 1**).

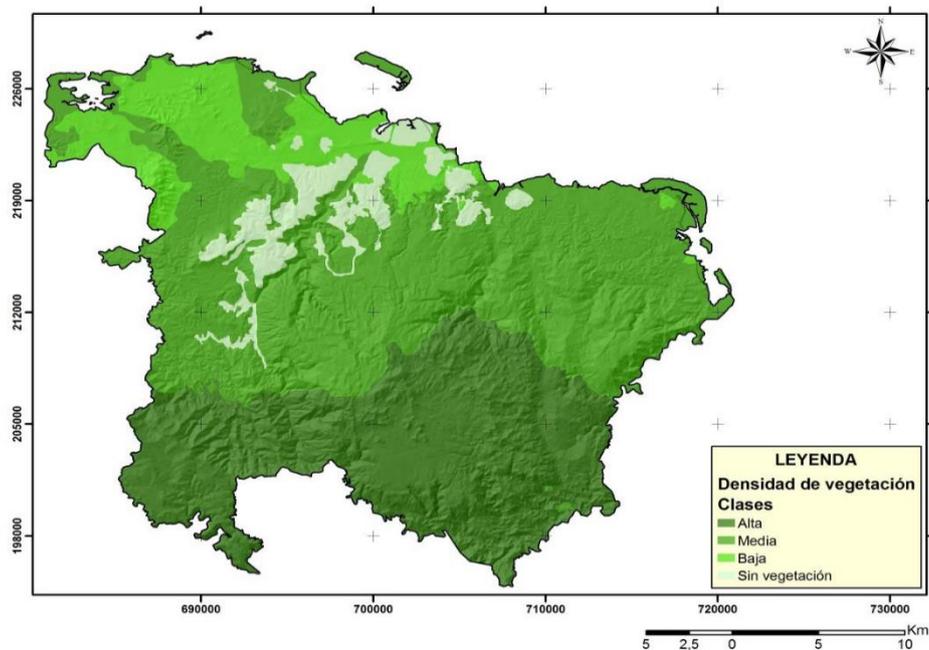


Figura 4: Mapa de densidad de vegetación (Escala original 1:25 000) Tomado de (Céspedes, Y. 2014).

Tabla 1. Descripción de las clases de densidad de vegetación. Tomado de (Céspedes, Y. 2014)

Clases	Área (Km ²)	% del área
Sin vegetación	51.50	6.71
Baja densidad	87.96	11.47
Media densidad	369.72	48.20
Alta densidad	258.10	33.65

Aparecen diferentes variedades de suelos debido al clima, la vegetación y la morfología, entre las que se encuentran:

Suelos Ferríticos. El cual posee características físico-químicas como presencia de nódulos ferruginosos que representan menos del 20% del volumen de la masa del suelo, tiene más de 50% de sesquióxidos de hierro, la composición de minerales secundarios está representada por hematita, geothita, gibbsita y trazas de minerales arcillosos y es de 10 cm de espesor si descansa directamente sobre la roca madre. Estos suelos poseen muy baja fertilidad natural.

Suelos Esqueléticos (Lithosoles). Se trata de suelos poco profundos, con alto contenido de gravas y fragmentos de la roca madre en superficie, donde hay poca alteración de los minerales primarios. Aparecen en niveles fuertes de pendientes (15° a 35°), rodeando las superficies interfluviales de los ríos Moa y Cabaña.

Suelos aluviales (no carbonatado). Se relacionan espacialmente con las áreas de la llanura de inundación del río Cabaña. Se caracterizan por la ausencia de horizontes genéticos bien diferenciados. El pH, la saturación, la capacidad de cambio son variables en relación con los materiales de origen y las condiciones de sedimentación en el valle. Se diferencia el horizonte húmico que contiene no menos del 3% de materia orgánica, con una profundidad mayor o igual a 15 cm.

Suelos cenagosos. Se encuentran gran parte del año sumergidos o con el manto freático a pocos centímetros de la superficie. Ocupan las áreas del litoral del área, ubicadas al oeste y norte de la presa de cola de la empresa niquelífera Ernesto Guevara. Reciben la influencia de las aguas del mar, por lo que se encuentran salinizados. En el perfil del suelo aparecen materiales areno-arcillosos color pardo negro e intercalaciones de materiales carbonizados.

En el municipio de Moa la abundancia de precipitaciones, combinada con el relieve y las características del clima, favorecen la existencia de una red hidrográfica bien desarrollada, fundamentalmente del tipo dendrítica, que corre de sur a norte, la misma está representada por numerosos ríos y arroyos, entre los que se destacan: Yamanigüey, El Medio, Semillero, Quesigüa, Cayo

Guam, Punta Gorda, Yagrumaje, Moa, Cabañas, y Aserrío (Figura 4), los cuales son de carácter permanente, drenando en el mismo sentido que presenta la red. Estos ríos desembocan en la Bahía de Moa, forman deltas cubiertos de mangles, apreciándose en los mismos una zona de erosión y otra de acumulación que forman terrazas al llegar a la zona de pie de monte y con la presencia de numerosos meandros, orillas abruptas y erosionadas en las zonas montañosas, mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas.

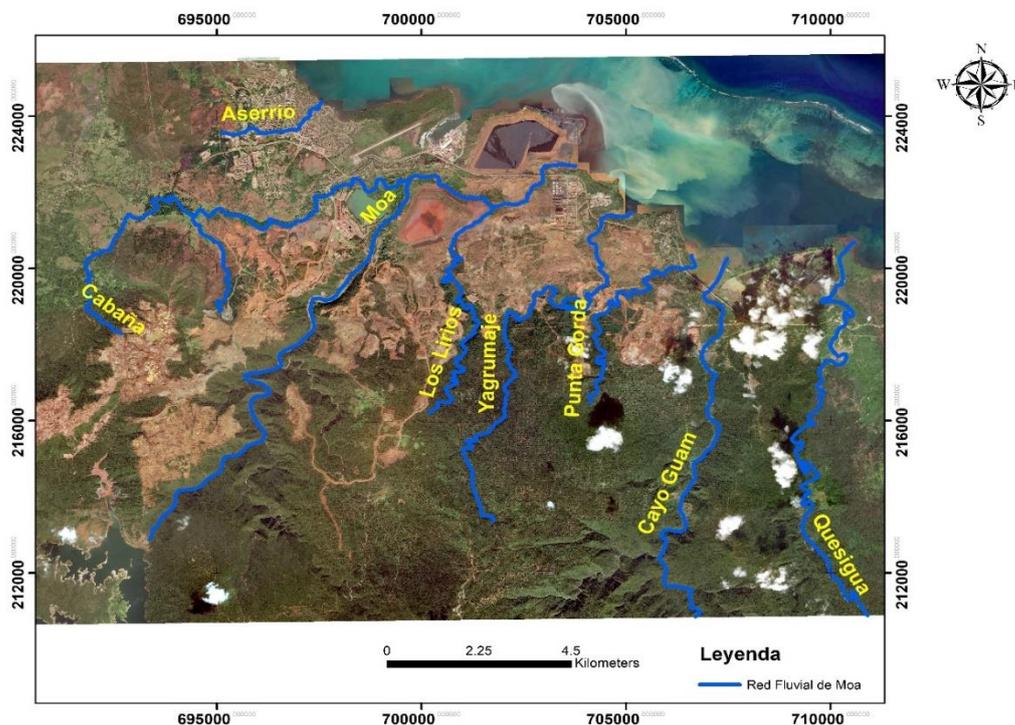


Figura 5: En la figura debes colocar el nombre de los principales ríos

Los ríos en Moa se alimentan por las precipitaciones atmosféricas originadas en las zonas montañosas del grupo Sagua-Baracoa, aunque el flujo base se produce a partir de numerosos manantiales de poco caudal y régimen permanente que drenan el acuífero fisural de baja acuosidad desarrollado en el macizo ultrabásico, cuyas reservas dinámicas se renuevan periódicamente por la frecuencia e intensidad de las precipitaciones. Sus niveles varían en dependencia del período, los más bajos en el período de seca, correspondiente a los meses de julio a septiembre cuando los ríos se alimentan principalmente

de las aguas subterráneas y los más elevados en la época de lluvia, la cual está comprendida entre los meses de octubre a enero.

Los mismos sobrepasan los 1,5 m/s (metros por segundo) de velocidad y los gastos oscilan entre 100 y 200 L/s (litros por segundo) algunos pueden tener gastos inferiores.

De acuerdo a la extensión superficial de las cuencas hidrográficas los ríos más importantes son el río Moa, con un área de 156 km² y los ríos Cayo Guam, Cabañas, Quesigüa, Yagrumaje, Yamanigüey y Punta Gorda con cuencas hidrográficas muy inferiores, pues ninguna supera los 100 km².

El río Moa, nace en la cota 950 m y desemboca en la bahía de Moa, tiene 21 km de extensión y corre en dirección noroeste–noreste, se alimenta de los ríos Calentura, Los Guineos, Arroyón y de arroyos y cañadas que bajan desde regiones montañosas. Su cauce presenta numerosos meandros, aunque su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas. Presenta un caudal en seca de 0.4 m³/s y en época de lluvias alcanza 20 m³/s. Actualmente su flujo está regulado por la Presa Nuevo Mundo y la presa Derivadora de Planta de Agua perteneciente a la Empresa Comandante Che Guevara.

El río Cayo Guam, nace en la cota 820 m y desemboca en el Océano Atlántico, su área de alimentación es de 57.71 Km². El río Quesigua, nace en la cota 420 m desemboca en el Océano Atlántico, su área de alimentación asciende a 26.7 Km².

El río Yagrumaje situado al sudoeste del yacimiento "Punta Gorda", tiene su nacimiento en la cota 620 m y su desembocadura en el Océano Atlántico. Forma barrancos casi verticales, su longitud es de 11 Km, su cuenca tiene un área aproximada de 12 Km². El río Jiguaní nace a 700 m y ocupa un área de alimentación de 21 km².

Arroyo Aserrío. Desemboca en la Bahía de Moa (Océano Atlántico) en forma de un pequeño delta, tiene de extensión aproximadamente 10Km, circula a través de la zona urbana de Moa, atravesando los repartos Caribe, Coloradas hasta el reparto La Playa. Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas, este río mantiene sus aguas durante todo el año; a lo largo de su cauce se observa que el mismo sirve de receptor natural a

todos los vertidos de diferente naturaleza que el hombre realiza de forma indiscriminada, lo que deteriora la calidad de sus aguas totalmente. Se pudo apreciar que en él se vierten parte de los desechos de la ciudad, hay una gran cantidad de desperdicios (basura), a él van a parar todos los desagües tanto albañales como fecales de las casas cercanas; en la desembocadura existe gran cantidad de lodo negro por el vertimiento fecales de animales y petróleo. Estas aguas expiden olores desagradables y tienen un alto grado de turbidez.

Río Cabañas. Su formación parte de la cota 320 m, se une al río Moa y al llegar a la zona de pie de monte forma terrazas y presenta numerosos meandros, sus orillas son abruptas y de erosión en las zonas montañosas, mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas. En las terrazas estas alcanzan más de 3 m de margen derecho y menos de 2 m de margen izquierdo. Recibe su primer impacto con las aguas del arroyo afluente La vieja que acarrea grandes cantidades de material articulado originado del escurrimiento de los frentes de minería de la Fábrica P.S.A cuyas características químicas son tales que ha eliminado la vida acuática en el resto del río.

Desde el punto de vista económico Moa tiene una alta significación para el desarrollo del país por la presencia de las industrias del Níquel; donde el proceso de extracción del níquel constituye la principal actividad económica de la región y más del 50 % de la población del municipio labora en las industrias metalúrgicas Pedro Soto Alba y Empresa Che Guevara. La industria de materiales de la construcción explota como áridos los cuerpos de ultrabasitas y gabroides que se encuentran dentro de la región. Además existen otras entidades tales como: La Empresa Mecánica del Níquel, la Empresa Constructora y Reparadora de Industrias del Níquel (ECRIN) y el Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONÍQUEL), todas en apoyo al desarrollo de este renglón económico. En esta región existen yacimientos de cromo refractarios, clasificados como los mayores de su tipo en el territorio nacional, los cuales se encuentran distribuidos en las cuencas de los ríos Cayo Guam y Yamanigüey respectivamente, donde una parte del mineral extraído se procesa en la planta de beneficio de Cayo Guam. En Cayo Moa Grande se encuentra una barrera de arrecifes cuyos corales son extraídos y utilizados como materia prima en el

proceso están enmarcadas la Presa Nuevo Mundo, el Tejar, el Combinado Lácteo tecnológico de la planta Comandante Pedro Soto Alba. Además existen otras empresas de las cuales depende la economía de la región como son: Empresa geólogo - minera, la EMA y diferentes instalaciones de apoyo social, entre las cuales, entre otras. Al Sur del área se desarrolla la ganadería y se lleva a cabo la explotación de recursos forestales que son abundantes en la zona, siendo un eslabón importante para la economía de nuestro país. La población ha crecido considerablemente alcanzando valores de aproximadamente 79 000 habitantes; cuenta con dos hospitales, dos hoteles, instituciones para la enseñanza primaria, media, preuniversitaria y universitaria, un aeropuerto nacional, terminal de ómnibus y un puerto para el embarque de los productos obtenidos en las empresas de níquel y en las plantas beneficiadoras de cromo.

1.2 Características Geológicas regionales y del área de estudio:

La geología de la región se caracteriza por una gran complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el decursar del tiempo geológico, lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas, basadas en criterios o parámetros específicos según el objeto de la investigación. (Rodríguez, 1998a). En 1998, Iturralde-Vinent reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el Cinturón Plegado y el Neoautóctono. El Cinturón Plegado según el autor, está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfizados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas. En el área de estudio no se encuentran representadas las unidades continentales. Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense, el arco de islas volcánico del

Paleógeno y las rocas de las cuencas de *piggy back* del Eoceno Medio-Oligoceno.

El neoaútctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado. En el área de estudio existe un desarrollo considerable de los complejos ultramáfico, de gabros y volcansedimentario (Proenza 1997; Proenza y otros, 1999a, 1999b, 1999c, 2000). Según Fonseca y otros (1985) el espesor aproximado del complejo ultramáfico es de 1000 metros y el de gabros de 500 metros. Quintas (1989) estima un espesor de 1200 metros para el complejo volcansedimentario. El complejo ultramáfico desde el punto de vista petrológico se caracteriza por un predominio de harzburgitas, y en menor grado dunitas; también se han descrito dunitas plagioclásicas, wherlitas, lherzolitas, y piroxenitas (García y Fonseca, 1994; Proenza y otros, 1999a, 1999b).

Los cumulos de gabros forman grandes cuerpos incluidos en el complejo ultramáfico. La dimensión de estos cuerpos oscila entre 1 y 3 Km de ancho, por 10 a 15 Km de longitud. El contacto entre los gabros y el complejo ultramáfico generalmente es tectónico. Muchas veces los gabros están cubiertos por mantos de rocas ultramáficas (Fonseca y otros, 1985), aunque Andó y otros (1989) plantean que en algunos sectores el contacto es transicional.

Los principales tipos petrológicos descritos son: gabros olivínicos, gabronorita, gabros, anortositas y noritas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca y otros, 1985; Torres, 1987; Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 1999b; Rodríguez, 2000). Las secuencias del arco de islas volcánico del Cretácico están representadas por las rocas de la Fm. Téneme (Cretácico Superior-Inferior), integrada fundamentalmente de basaltos, andesitas basálticas, tobas y brechas (Proenza y Carralero, 1994; Iturralde-Vinent, 1996, 1998; Gyarmati y otros, 1997).

Las secuencias del arco de islas volcánico del Paleógeno están representadas por la Formación Sabaneta (Daniano-Eoceno Medio) (Iturralde-Vinent, 1976, 1995, 1996, 1998; Cobiella, 1988, 1997, 1998; Proenza y Carralero, 1994; Quintas y otros, 1995). La cual yace sobre una secuencia de transición que contiene finas intercalaciones de tufitas (Fm. Gran Tierra) (Iturralde-Vinent, 1976) o descansa discordantemente sobre las formaciones Mícara y La Picota,

y sobre las ofiolitas y vulcanitas cretácicas (Nagy y otros, 1983). La misma está compuesta por tobas vitroclásticas, litovitroclásticas, cristalovitroclásticas con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados tobáceos, lutitas, margas, gabelitas, conglomerados volcanomícticos y algunos cuerpos de basaltos, andesitas, y andesitas-basálticas, los cuales alcanzan hasta 6000 m de espesor. Otros autores como es el caso de Albear y otros (1988), dividen esta formación en Castillo de los Indios (Eoceno Inferior-Medio) y Miranda (Paleoceno-Eoceno) (Fig. 6), mientras que Gyarmati y Leyé O'Connor (1990) la divide en Sabaneta y Castillo de los Indios. Todas ellas con características similares.

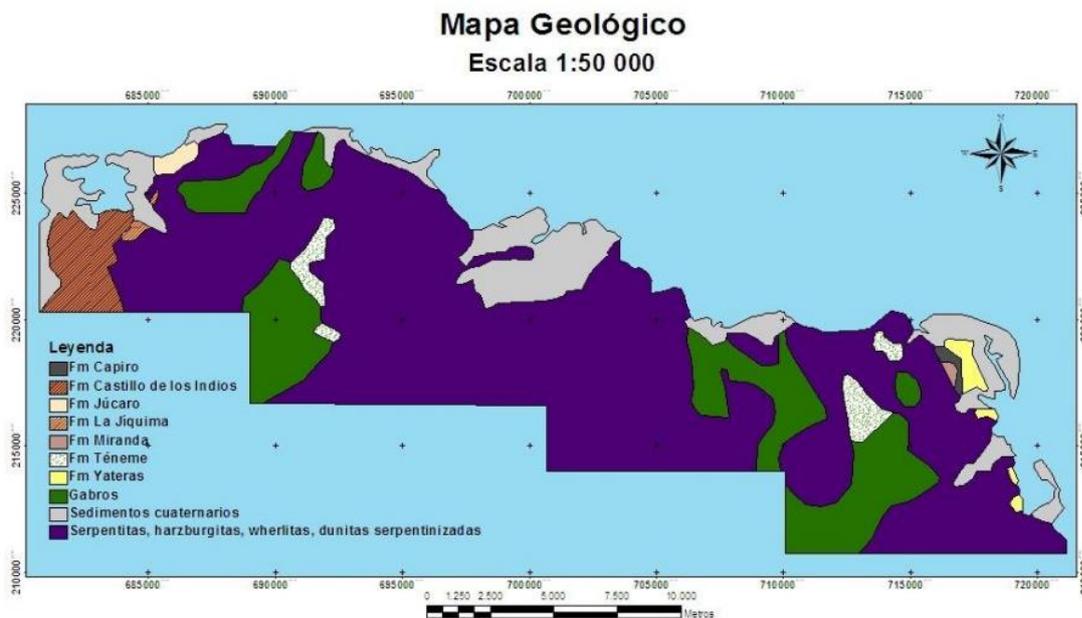


Figura 6: Mapa geológico. Escala 1: 50 000 (Modificado de Rodríguez, A. 1998a)

Las secuencias estratigráficas del Eoceno Medio-Oligoceno están representadas por la formación Sierra de Capiro (Eoceno Superior), que se compone de lutitas y margas con intercalaciones de lutitas y conglomerados con fragmentos de calizas arrecifales, serpentinitas y rocas volcánicas (Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990).

Las rocas del neotóctono constituyen una secuencia terrígeno-carbonatada poco deformada, que aflora en las cercanías de las costas formando una franja que cubre discordantemente los complejos más antiguos y que

estructuralmente se caracterizan por su yacencia monoclinal suave u horizontal (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1994,1996; Crespo, 1996; Rodríguez, 1998a, 1998b).

El Bloque Oriental Cubano comprendido desde la falla Cauto-Nipe hasta el extremo oriental de la isla, presenta una tectónica caracterizada por su alta complejidad, dado por la ocurrencia de eventos de diferentes índoles que se han superpuesto en el tiempo y que han generado estructuras que se manifiestan con variada intensidad e indicios en la superficie (Rodríguez, 1998a, 1998b). Campos, (1983). Plantea que este bloque se caracteriza por el amplio desarrollo de la tectónica de cabalgamiento que afecta las secuencias más antiguas.

Localmente esta complejidad en la región de estudio se pone de manifiesto a través de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas con dirección noreste y noroeste, que se cortan y desplazan entre sí, formando un enrejado de bloques y microbloques con movimientos verticales diferenciales, que se desplazan también en la componente horizontal y en ocasiones llegan a rotar por acción de las fuerzas tangenciales que los afecta como resultado de la compresión (Campos, 1983; Rodríguez, 1998a, 1998b). También se observan dislocaciones de plegamientos complejos, sobre todo en la cercanía de los contactos tectónicos (Campos, 1983). Rodríguez A., 1998 a, reconoce para el territorio cuatro sistemas de estructuras disyuntivas que corresponden a cada uno de los periodos de la evolución geotectónica (Fig. 7).

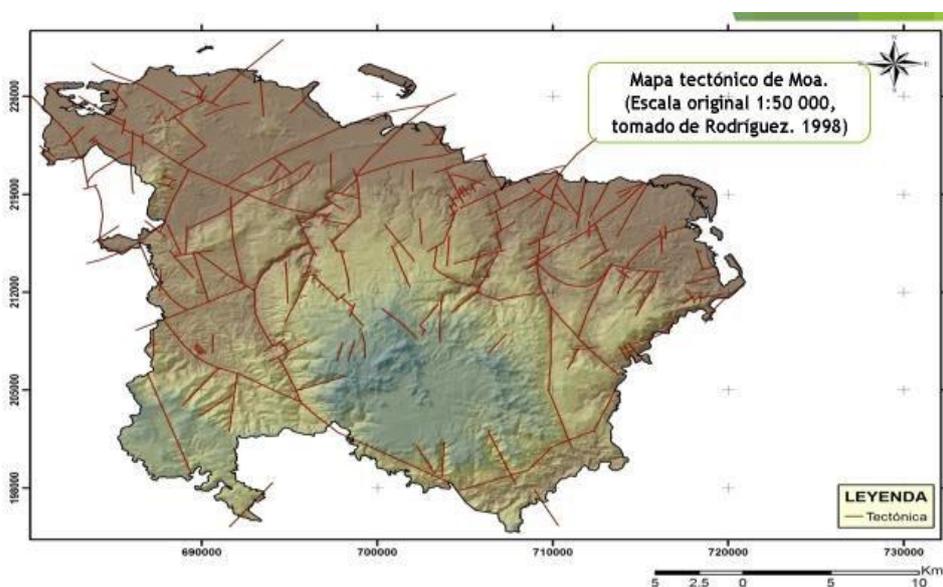


Figura 7: Mapa tectónico de Moa escala original 1: 50 000. Tomado de Rodríguez 1998

La descripción de cada uno de estos sistemas y las principales estructuras que los conforman se realiza a continuación según un orden cronológico desde el sistema más antiguo, asociado genéticamente al proceso de emplazamiento del complejo ofiolítico hasta el más joven, originado bajo las condiciones geodinámicas contemporáneas. Del análisis de la evolución geológica de la zona de Moa se aprecia la complejidad litoestructural de los distintos macizos rocosos presentes. Según Rodríguez, 1998b, es común el alto nivel de agrietamiento y la presencia de fallas de carácter regional, las cuales se detallan a continuación: El sistema más antiguo para la región tiene su origen asociado al cese de la subducción e inicio del proceso compresivo de sur a norte del arco volcánico cretácico y que culminó con la presumible colisión entre el arco insular y el margen pasivo de la Plataforma de Bahamas.

Bajo estas condiciones compresivas ocurre el emplazamiento del complejo ofiolítico a través de un proceso de acreción, por lo cual las fallas de este sistema se encuentran espacial y genéticamente relacionadas con los límites internos de los complejos máficos y ultramáficos y de estos con las secuencias más antiguas. Respecto al momento en que ocurre este proceso existen divergencias. Proenza J. (1997), considera que éste se desarrolla en el periodo Campaniense Superior-Paleoceno Inferior. Las fallas de este sistema aparecen frecuentemente cortadas y dislocadas por sistemas más jóvenes y no constituyen límites principales de los bloques tectónicos activos en que se divide el territorio actual. Un ejemplo de estas estructuras es la falla ubicada al sur de Quesigua, al este del río de igual nombre, que pone en contacto las serpentinitas ubicadas al norte con los gabros que afloran al sur, así como las fallas que en El Lirial Abajo, Peña y Ramírez y Caimanes Abajo ponen en contacto a las serpentinitas con las rocas de las formaciones La Picota, Mícara y Quibiján respectivamente.

Muchas de las estructuras de este sistema se encuentran enmascaradas por las dislocaciones más jóvenes, así como por las potentes cortezas de meteorización desarrolladas sobre el complejo ofiolítico. Estas fallas en su mayoría se encuentran pasivas lo que se demuestra por su pobre reflejo en el relieve, pudiendo notarse su presencia fundamentalmente por el contacto alineado y brusco entre litologías diferentes. Excepción de lo anterior lo constituye la falla ubicada al sur de Quesigua que aún se refleja a través de un

escarpe pronunciado arqueado, con su parte cóncava hacia el norte que sigue la línea de falla, lo que consideramos está asociado a la actividad geodinámica actual del sector, que es considerado uno de los más activos dentro del territorio.

El segundo sistema cronológico está constituido por las dislocaciones más abundantes y de mayor extensión de la región, que indistintamente afectan todas las litologías presentes y son a su vez los límites principales de los bloques morfoTECTÓNICOS, haciéndose sumamente importante la caracterización del mismo desde el punto de vista geodinámico contemporáneo. Este sistema está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte-noroeste que se desplazan mutuamente y se cortan entre los sesenta y ochenta grados. Las estructuras de este sistema se consideran han sido originadas como resultado de los procesos de colisión y obducción del arco volcánico cretácico sobre el margen pasivo de Bahamas, existiendo una transición de las condiciones compresivas iniciales, típicas de la colisión, en expansivas durante el reajuste o relajamiento dinámico de las paleounidades tectónicas que obducen sobre Bahamas, por lo que el comportamiento final de estas estructuras es de carácter normal.

Teniendo en cuenta el proceso que les dio origen, su edad es considerada en su fase final como Eoceno Medio con dudas (?), según lo ya analizado al inicio del capítulo referente a las divergencias existentes sobre la edad probable de culminación del proceso. Las principales estructuras representativas de este sistema serán caracterizadas a continuación. Falla Los Indios: Se extiende desde la parte centro meridional del área al oeste de Cayo Chiquito, atravesando hacia el norte la Bahía de Cananova y reflejándose dentro de la zona nerítica marina a través del desplazamiento de la barrera arrecifal y los depósitos litorales. En varios puntos esta estructura aparece cortada y desplazada por fallas de dirección norte-noreste. Su trazado es en forma de una línea curva cóncava hacia el oeste-sudoeste con un rumbo que oscila entre los 10° y 30° oeste en los diferentes tramos que la conforman.

Falla Cayo Guam: Con una dirección N15°W, se extiende desde la parte alta del río de igual nombre, siguiéndose con nitidez hasta Punta Yagrumaje. Al

igual que la falla Los Indios, esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

Falla Moa. Dentro del territorio es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con una línea cóncava hacia el este con el arco mayor en la zona de Calentura, haciéndose más recta hacia el norte con una dirección de $N48^{\circ}E$, mientras que en su parte meridional tiene un rumbo $N25^{\circ}W$. En la parte norte esta estructura se bifurca en dos tramos, uno de rumbo $N35^{\circ}E$ denominado La Vigía y el otro de rumbo $N74^{\circ}E$ nombrado La Veguita, el que atraviesa la zona marina perilitoral, hasta cortar la barrera arrecifal a la cual limita y afecta, pues en el bloque oriental de la falla la barrera como tal desaparece, quedando reflejada sólo como un banco de arenas, lo que constituye un indicador del sentido de los desplazamientos. En su conjunto forma la estructura más compleja, pero a su vez, de más fácil reconocimiento por su expresión nítida en la topografía.

Falla Miraflores: Se extiende en forma de arco cóncavo hacia el este-noreste con un trazo casi paralelo a la falla Moa, con un rumbo $N 25^{\circ} W$ desde el límite sur del área hasta Cayo Chiquito y desde aquí hasta Punta Majá con una orientación $N35^{\circ}E$. Falla Cabaña. Se extiende desde el extremo centro occidental del área al noroeste del poblado de Peña y Ramírez hasta el norte de la ciudad de Moa, cortando la barrera arrecifal y limitando el extremo oriental de Cayo Moa Grande. En su parte meridional presenta una orientación $N70^{\circ}E$ hasta la zona de Zambumbia donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales, aflorando nuevamente con nitidez al nordeste del poblado de Conrado donde inicia su control estructural sobre el río Cabaña. En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova tomando una orientación $N56^{\circ}E$ la que mantiene hasta penetrar en el océano Atlántico.

Falla Quesigua: Se expresa a través de un arco con su parte cóncava hacia el este nordeste, manteniendo en su parte septentrional, donde su trazo es más recto un rumbo $N10^{\circ}E$ y en la meridional, $N40^{\circ}W$. Se extiende desde la barrera arrecifal hasta interceptar el río Jiguaní.

Falla Maquey: Limita y contornea las estribaciones septentrionales de la Sierra del Maquey. Aflora desde la zona de Hato Viejo hacia el sur de La Colorada, asumiendo un rumbo N65°E por más de siete kilómetros hasta Calentura abajo donde se cruza con las fallas Moa y Caimanes. En su parte más occidental mantiene una orientación N78°E siendo cortada y desplazada por estructuras de orientación noroeste.

El tercer sistema de estructuras está constituido por dos fallas de deslizamiento por el rumbo - *Strike-Slip* - determinadas durante las recientes investigaciones y que no habían sido reportadas con anterioridad, las cuales se denominaron Cananova y El Medio. Por la posición que ocupan, orientación y componentes fundamentales de los desplazamientos, no presentan similitud con las fallas antes descritas. El origen de estas estructuras se consideró está asociado al momento en que se inician los movimientos hacia el este de la Placa del Caribe a través de la falla Oriente, desarrollándose un campo de esfuerzo de dirección norte-noreste, con la compresión del Bloque Oriental Cubano, en la zona de sutura de éste con la Plataforma de Bahamas, lo que provocó la ruptura y el reacomodamiento de la corteza desde el Eoceno Medio-Superior.

Falla Cananova: Fue cartografiada a escala 1: 25 000 desde la Bahía de Yaguaneque hasta el poblado de Jucaral, presentando un rumbo predominante N53°W. Es cortada en diferentes puntos por estructuras submeridionales, caracterizándose toda la zona de falla por el grado de cizallamiento de las rocas que corta.

Falla El Medio: Fue mapeada desde Punta Mangle hasta su intersección con el río Quesigua con un rumbo aproximado de N40°E. Al igual que la Falla Cananova, origina un alto cizallamiento de las rocas a través de todo su trazo. El cuarto sistema de fracturas que aparece desarrollado en el territorio corresponde a estructuras sublongitudinales que aparecen en toda el área, pero tienen su máxima expresión en las zonas periféricas de los sectores de máximo levantamiento, como por ejemplo las fallas a través de las cuales corren algunos tributarios como el arroyo La Veguita del río Moa, el arroyo La

Vaca, arroyo Colorado al oeste del Cerro Miraflores y la de mayor envergadura que se encuentra al sur de Caimanes.

Las características descritas anteriormente permiten suponer una génesis asociada a procesos de descompresión o expansión de bloques, al disminuir las tensiones horizontales que mantienen cohesionado los macizos rocosos debido a los movimientos verticales diferenciales. La edad de este sistema es considerada en su límite inferior posterior al Mioceno Medio, momento en que se inicia el proceso de ascenso definitivo del territorio actual de Cuba oriental como tendencia general y se extiende hasta el presente por prevalecer las condiciones geodinámicas que le dan origen.

Rodríguez, (1998b) plantea que desde el punto de vista tectónico la región de Moa en general es muy compleja, perteneciendo a la misma los bloques y subbloques como muestra la Figura 8

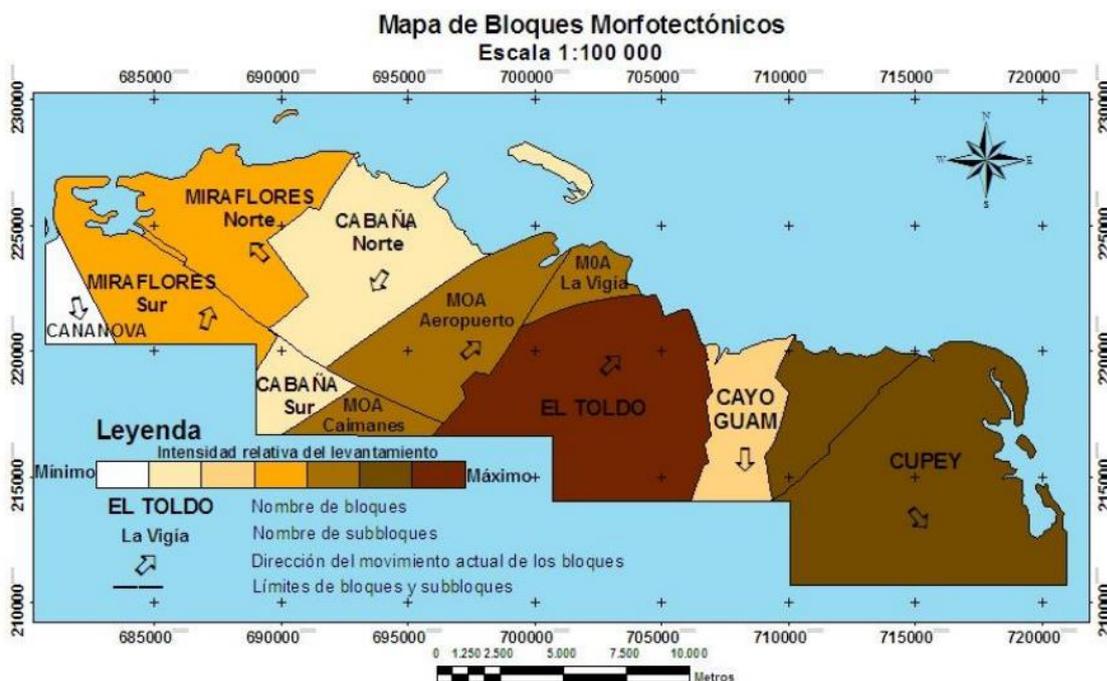


Figura 8: Mapa de bloques morfotectónicos. Escala 1: 100 000 (Modificado de Rodríguez A. 1998a)

El área de estudio en particular está representada por:

Bloque Cabaña:

Situado al este del bloque Miraflores, con orientación noreste desde la localidad de Zambumbia hasta Cayo Moa Grande, y en su porción meridional, en la zona Cayo Grande-Caimanes Abajo, mantiene una dirección noroeste.

Geológicamente el basamento sobre la cual se sustenta la morfología de este bloque está conformado por las tobas de la formación Santo Domingo, las rocas del complejo ofiolítico y sedimentos parálicos y fluviales en la zona aledaña al litoral. El relieve es de llanuras erosivas y erosivo-acumulativas las que hacia el sur transicionan a submontañas ligeramente diseccionadas con divisorias de configuración arborescente. El drenaje es de densidad moderada a alta con predominio de redes dendríticas exceptuando los cauces primarios del río Cabaña cerca de la zona de intersección con el río Moa, donde aparecen redes enrejadas. Los valores morfométricos que para este bloque se comportan con gran variabilidad evidencian una intensidad mínima de levantamiento relativo respecto a los bloques laterales con una disección vertical máxima de 100 m/km² en la parte centro - septentrional, disminuyendo hasta 90 m/km² hacia el norte y 40 m/km² hacia el sur.

Bloque Moa:

Se encuentra ubicado en la parte centro-occidental del área de trabajo, al este de bloque Cabaña con el cual contacta a través de la falla de igual nombre y al este con el bloque El Toldo según la falla Moa, extendiéndose de norte a sur en forma de una franja cóncava hacia el este. En este bloque afloran las rocas del complejo ofiolítico en el mayor por ciento de su superficie. Hacia el sur, en la zona de Calentura afloran las rocas cretáceas de la formación Santo Domingo, mientras que hacia el norte existe una extensa área de desarrollo de sedimentos fluviales y palustres del Cuaternario. Geomorfológicamente para el bloque es predominante el relieve de montañas bajas de cimas aplanadas ligeramente diseccionadas lo que junto a las condiciones litológica permite, que en el sector exista un intenso desarrollo y conservación de las cortezas de meteorización lateríticas, que a su vez condicionan la densidad del drenaje que sólo aumenta en las laderas abruptas, coincidiendo con las alineaciones tectónicas. Los cursos de agua permanentes van a presentar cauces en forma de barrancos profundos y estrechos. Hacia el norte el relieve transiciona a premontañas bajas y aplanadas y de ahí a llanuras fluviales y palustres las cuales se encuentran cubiertas por las construcciones socioeconómicas de Moa.

Carmenate y Guardado (1996) dividen los suelos lateríticos del municipio según sus características físicas en dos grupos principales: gruesos (lateríticos-

L- y serpentiniticosS-) y finos (lateríticos-Lf- y serpentiniticos -Sf-). Suelos lateríticos (L). Granulométricamente está constituido por gravas finas, arenas gravosas, arenas finas muy mezcladas con arcillas y arcillas limosas, con densidades variables (alta, media, baja). La humedad varía entre 10 y 31% constituyendo en el corte los valores más bajos. Su densidad seca alcanza los máximos valores entre 15,1 y 22,4 kN/m³ en la medida en que la fracción es más gruesa, sin embargo, su relación de vacío es la más baja. El peso específico oscila entre 32,7 y 37,8 kN/m³, siendo los más altos. Su plasticidad varía desde 13 hasta 19%.

Suelos serpentiniticos (S) La granulometría de estos suelos la constituyen gravas gruesas, arenas gravosas y arenas muy finas. Sus valores de humedad son relativamente altos de 57 a 92%. Asimismo, su grado de saturación es de 87 a 100 %. La densidad es muy baja, desde 8 a 9,6 kN/m³ y presentan relaciones de vacío desde 2,2 a 2,72. Su peso específico varía entre 29,7 y 33,5 kN/ m³.

Suelos lateríticos finos (Lf) Son suelos de granulometría que oscila desde arcillas hasta arcillas limosas mezcladas o muy mezcladas con arenas de densidad media, baja, o muy baja, y arcillas que van de plásticas a muy plásticas, de consistencia fluida hasta sólida. Su humedad varía entre 26 y 96 % rango relativamente grande para estos suelos. La saturación va de 90 a 100 %. El peso específico oscila entre 30 y 37 kN/ m³, aproximándose al grupo L. sin embargo, su densidad seca es relativamente baja, coincidiendo con relaciones de vacío que van desde 0,8 a 3,11 lo que es característico de una estructura poco sólida. Sus límites varían en alto rango y su plasticidad va desde 14 a 68 %.

Suelos serpentiniticos finos (Sf) Lo constituyen arcillas y arcillas plásticas mezcladas con arenas o gravas de consistencia sólida a fluida y densidades que transitan de media, baja a muy baja. La humedad es en general alta, de 44 a 114 %. Su peso específico es bajo, de 30,5 a 33,6 kN/ m³. Presenta relación de vacío y densidad baja. Sus características plásticas alcanzan altos valores.

Debido al régimen de precipitaciones, particularidades hidrogeológicas regionales, características de las rocas acuíferas y parámetros hidrogeológicos existentes en el territorio, lo identificamos como una zona de elevada

complejidad hidrogeológica. Se ha establecido para la región, la existencia de cinco complejos acuíferos fundamentales, a partir de la caracterización del tipo de rocas presentes, así como, de su capacidad para el almacenamiento en mayor o menor grado de aguas subterráneas, los mismos son relacionados a continuación: Complejo acuífero de las ofiolitas, **Complejo acuífero de los sedimentos costeros**: Se extiende por casi todo el norte del área y representado en el objeto de estudio, forma una franja estrecha que presenta dimensiones de 1 - 2 Km. de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 - 2m sobre el nivel del mar; su edad se corresponde con el Cuaternario. Su composición litológica integrada por depósitos arcillosos contiene fragmentos angulosos de composición múltiple. Las rocas acuíferas se asocian a calizas organógenas, en menor escala sedimentos no consolidados, así como, depósitos arcillo - arenosos con fragmentos angulosos de composición variada. Predominan aguas cársicas y de grietas, y en algunos casos intersticiales. Por lo general tienen interrelación hidráulica con el agua de mar. A una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m yace el nivel freático. El coeficiente de filtración (K) de estas rocas alcanza valores hasta los 268.4 m/días, el gasto (Q) es aproximadamente de 14 L/seg., con un gasto específico (q) de 93.4 L/seg. En las calizas, según Kurlov el agua se clasifica como clorurada – hidrocarbonatada – sódica, también se desarrollan en la región el Complejo acuífero de los sedimentos aluviales, Complejo acuífero de las lateritas y el Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos – carbonatados.

La región de Moa se encuentra localizada al noreste de la provincia Holguín y norte y noreste de la provincia Guantánamo, en lo que podría llamarse una zona de transición entre el límite sur de la placa norteamericana y los territorios de Cuba pertenecientes al interior de la misma. Esto conlleva a que se presente una sismicidad moderada (Cotilla et al., inédito), debido a la influencia de la principal zona sismogeneradora de Cuba (falla Bartlett - Caimán) y de estructuras de menor orden como la Cauto - Nipe, la Cauto Norte y la parte oriental de la Norte - Cubana. En el catálogo macrosísmico de la provincia de Holguín (Chuy, 1982), se evidencia, que a una gran parte de los estremecimientos reportados (incluyendo los más fuertes), no se les puede asociar su epicentro dentro de los límites de la provincia, ubicándose los

mismos en zonas de mayor potencial sismotectónico, casi siempre Bartlett - Caimán o la porción oriental de la Norte - Cubana (Sabana). No obstante, la frecuente sismicidad de la región suroriental, en los últimos años se ha activado la región de Moa y sus acuatorias septentrionales. Esta actividad sísmica se comportó como una serie de terremotos con liberación cíclica de baja energía, con una magnitud semejante y una gran cantidad de eventos, cuyo origen es

de carácter tectónico, estando concentrada junto a la falla Miraflores, límite de los bloques morfoestructurales de Miraflores y Moa. La orientación predominante de los epicentros es NE-SW, lo cual se refleja notablemente en la localización de los sismos perceptibles (fig.8).

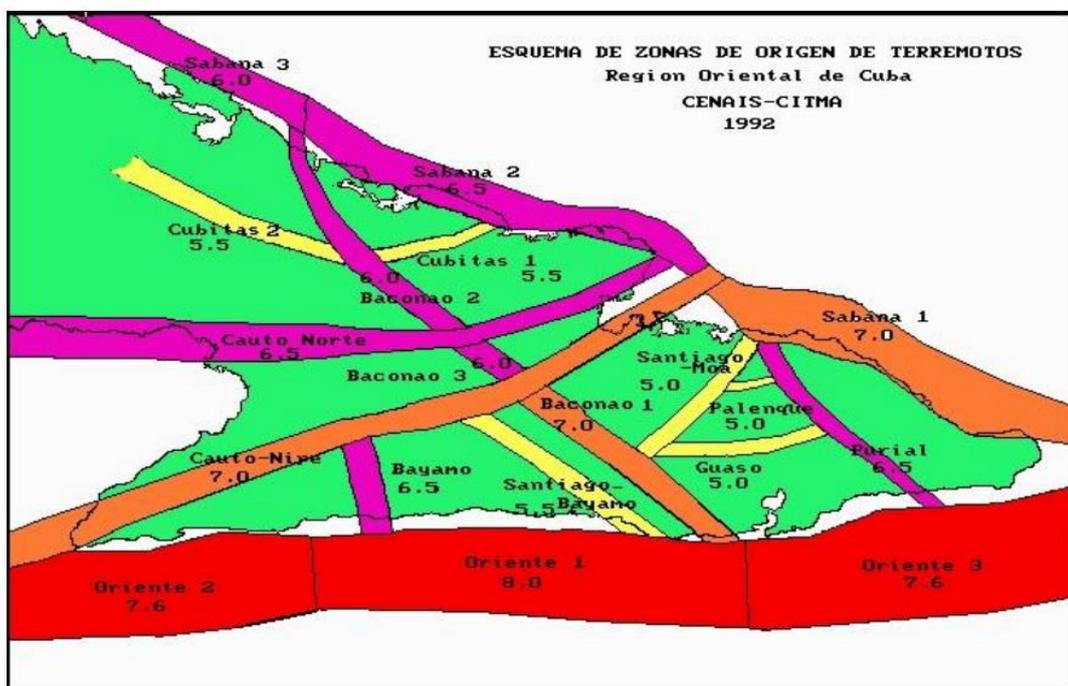


Figura 9: Zonas sismogeneradoras principales que afectan al territorio oriental de Cuba.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se describe la metodología aplicada en la investigación. Se parte de una recopilación y revisión de la información de investigaciones precedentes, con lo cual se conforma la información primaria. Se describen los métodos y procedimientos utilizados para caracterizar los procesos geológicos que se producen en el área de estudio; y determinar su influencia en el estado de conservación de los viales. La investigación se realizó en tres etapas fundamentales (Figura 10):

1. Recopilación y revisión de la información existente
2. Trabajo de campo
3. Interpretación de los resultados

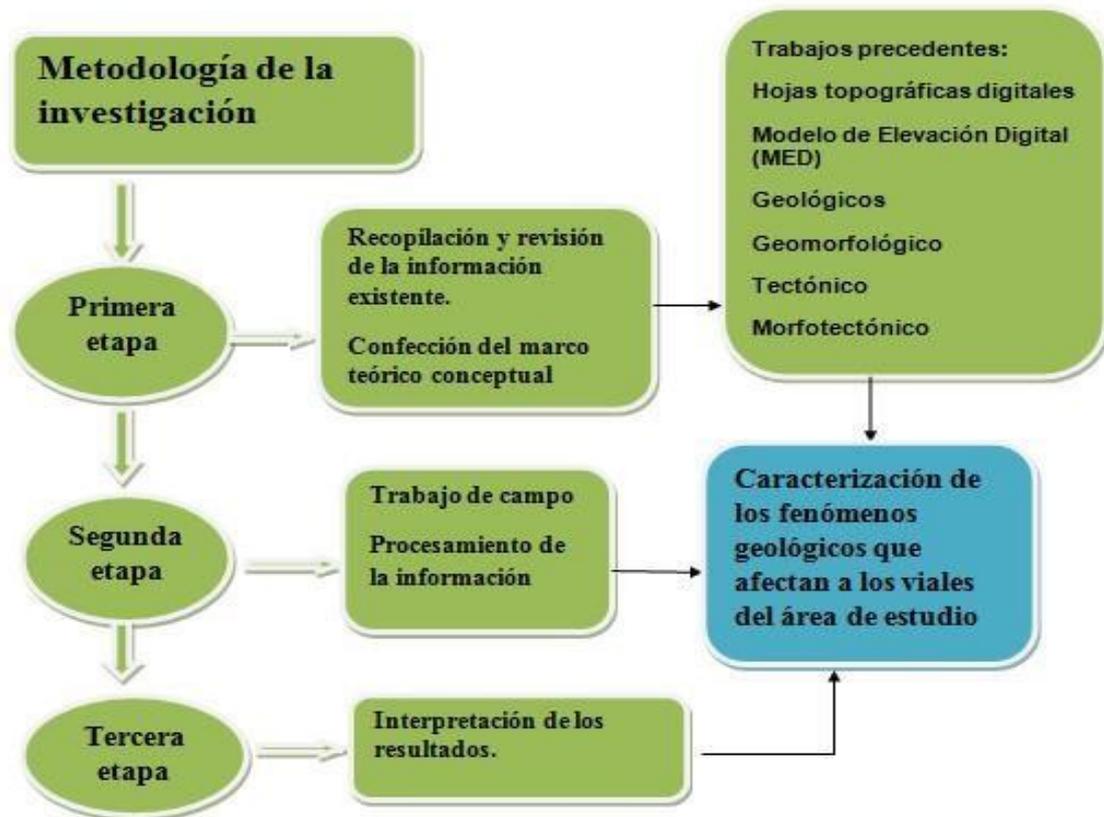


Figura 10: Flujograma de la investigación.

2.1. Recopilación y revisión de la información existente

En esta etapa se realiza el análisis de las bibliografías existentes de la región y del área de estudio, de la cual se extrae y recopila la información útil para la investigación. Se realizan búsquedas en el Centro de información del ISMM,

donde se tuvo acceso a libros, revistas, trabajos de diplomas, tesis de maestría y doctorales, además de búsquedas en Internet. Como resultado se obtuvo información referente a la descripción regional desde el punto de vista geológico, geomorfológico, topográfico, tectónico y morfotectónico. También se recopilaron varios mapas que sirven de base al desarrollo de etapas posteriores de la investigación.

Se confecciona el marco teórico conceptual de la investigación.

2.2. Trabajo de campo

En esta etapa se realizan visitas a los diferentes viales con el objetivo de caracterizarlos, documentarlos y diagnosticar su estado. Tomando varias fotos panorámicas y de detalles para apoyar las descripciones. En la ejecución de esta tarea se valida los aspectos analizados en la etapa precedente y se establecen las regularidades para la implementación de las medidas de durabilidad de los viales esto se realiza por medio del desarrollo en varias campañas de corta duración.

El método utilizado fue el de levantamiento conjugado con la inspección visual, que consistió en documentar cada punto de interés a partir de la observación detallada de los fenómenos que afectan el vial y los defectos del mismo en cada tramo visitado, se tomó como base un plano de todos los viales del área, y así identificar los fenómenos geológicos que afectan a estos viales en el área de estudio.

Materiales utilizados: cámara fotográfica del móvil, Lápiz, bolígrafo, Libreta de campo, hojas blancas

Se desarrollaron dos salidas al campo donde se documentaron 30 puntos, (Fig. 11) que abarcó toda el área de estudio.

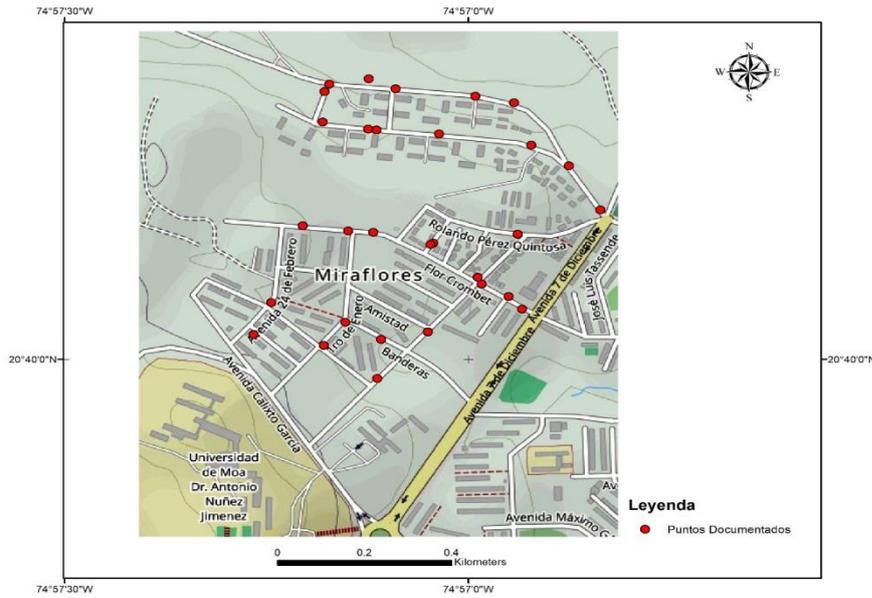


Figura11: Mapa de puntos documentados del área de estudio perteneciente a los repartos Miraflores-Viviendas Checas.

A continuación se muestran fotos tomadas durante el trabajo de campo donde se aprecian los fenómenos geológicos que afectan los viales y el deterioro de los mismos.



Figura 12: principales fenómenos geológicos que se desarrollan en el área de estudio

2.3. Interpretación de los resultados

Durante esta etapa se digitalizaron los viales del área de estudio utilizando el programa ArcGis 10.4, (Fig13.) creándose durante su proceso de digitalización varios campos, el de nombre para su identificación y tres relacionados con los procesos geológicos analizados.

El ArcGis es un Sistema de Información Geográfico (SIG) que particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión

relativa a la superficie de la tierra, se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georeferenciada.

Características principales del ArcGIS 10.4:

- Formatos espaciales: GeoTIFF, TFW y RSF.
- Importa formato de vectores: EMF, GSI, GSB, BNA, DLG, LGO, LGS, DXF, PLT, BLN, CLP, WMF, SHP, MIF, DDF, E00.
- Formato de imágenes a Importar: TIF, BMP, TGA, PCX, GIF, WPG, DCX, EPS, JPG, PNG, PCT.
- Formato de datos a Importar: XLS, SLK, DAT, CSV, TXT, BNA, WKx, WRx, BLN.
- Formatos de Exportación: LAS, EMF, GSI, GSB, DAT, DXF, SHP, BLN, BNA, GIF, BMP, WMF, CGM, MIF, CLP, TIF, TGA, PCX, WPG, PNG, JPG, PCT, DCX.

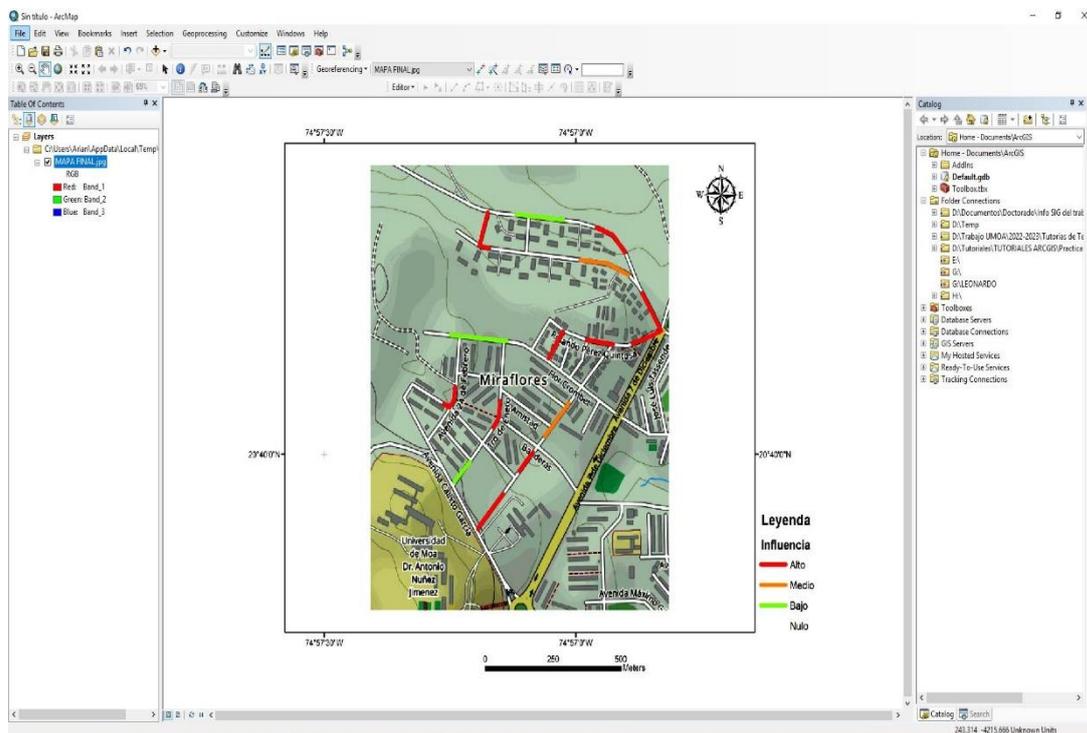


Figura13: Captura de pantalla del ArcGIS que se realizaron para procesar tu imagen

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados obtenidos.

En el área de estudio, según la inspección visual realizada en cada punto de descripción (figura 14); los agentes del intemperismo y otros procesos y fenómenos geológicos inciden constantemente sobre la superficie pavimentada, lo que provoca la degradación del suelo que constituye la fundación de los viales construidos sobre él, siendo la **meteorización, erosión, y sedimentación** los fenómenos más recurrentes en el área.

En los **Repartos Miraflores y Viviendas Checas** la mayoría de los viales están afectados directamente por estos procesos geológicos, siendo estos unas de las principales causas que condicionan su deterioro combinados con la mala calidad del proceso de pavimentado con la mezcla asfáltica.

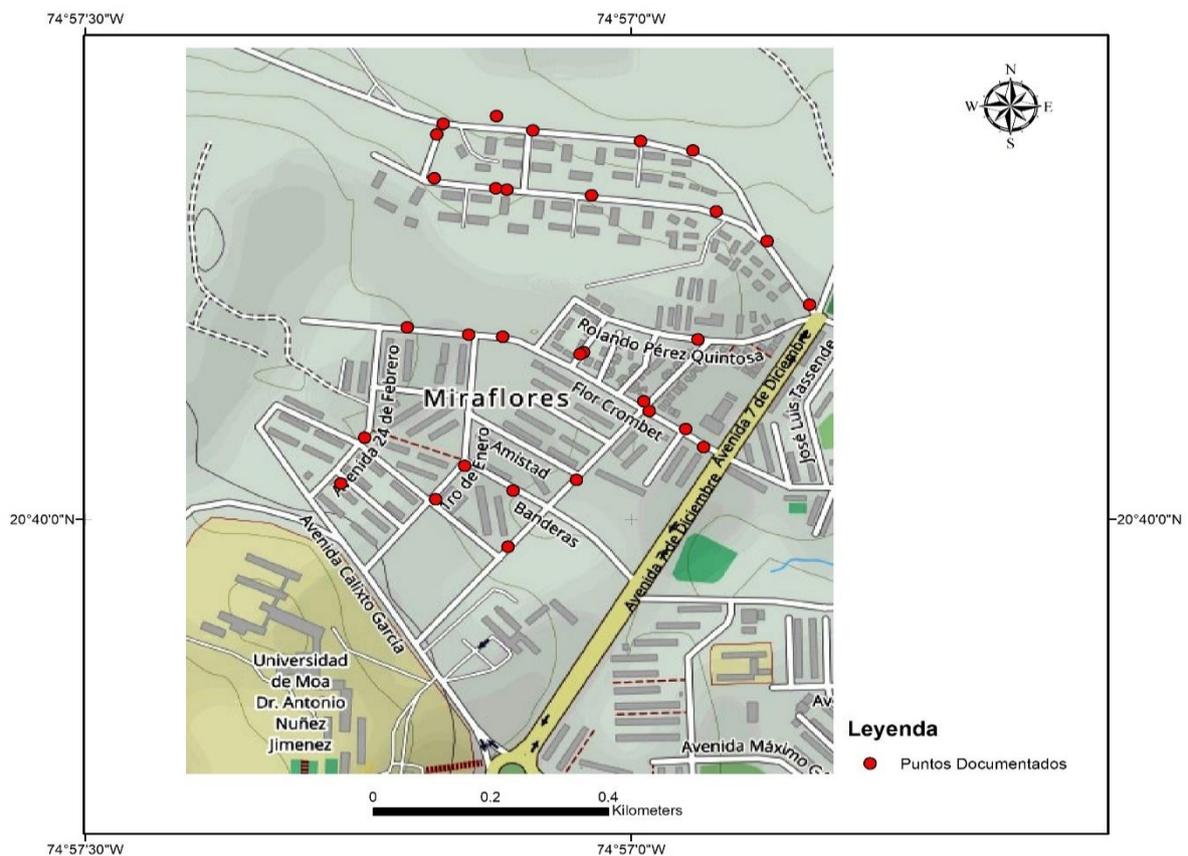


Figura 14: Mapa de puntos documentados

Los procesos geológicos identificados son los que más inciden en el estado de conservación de los viales, aunque unos inciden más que otros y se distribuyen

y actúan con diferente intensidad en las áreas de estudio, como se muestra a continuación:

EROSION

Los procesos erosivos se encuentran distribuidos en toda el área y actúan con una intensidad que varía de alta a media en los viales observados en ambos repartos (figuras 15 y 16), pero en Viviendas Checas el fenómeno geológico erosión se evidencia menos, y está condicionado por las lluvias que son muy abundante en el municipio de Moa en las diferentes épocas del año, y se clasifica de baja-media, este fenómeno trae consigo un deterioro paulatino de los viales donde se destacan las apariciones de cárcavas; no así el Miraflores que es el fenómeno más distribuido y el más intenso debido a la influencia de agentes erosivos como:

Lluvia: es mucho más dañina cuando ocurre de manera intensa. Los intensos aguaceros que ocurren en el área de estudio tienen un efecto más catastrófico que las precipitaciones suaves constituyen un desencadenante al combinarse con la ausencia de alcantarillado en buenas condiciones para evacuar el agua meteórica, que existen en algunos casos en contra de la dirección del flujo de la corriente o se encuentran tupidos por desechos sólidos y enyerbados. La frecuencia de la lluvia también afecta los viales, ya que dos eventos de lluvia que se sucedan sin haberse alcanzado a secar el suelo pueden llevar a que la segunda lluvia no se infiltre, o lo haga mínimamente y gran parte de ella escurra.

Pendiente: Conforme se incrementa el grado y longitud de la pendiente aumenta la erosión del terreno. En el área de estudio la pendiente afecta de forma local en algunos puntos donde se observan inclinación mayor a 20 grados y donde la erosión es más intensa.

Material parental: La importancia del material parental en el análisis del fenómeno erosivo estriba en los rasgos hereditarios que de él se derivan en los suelos conforme avanza el proceso de meteorización. En el caso de estudio,



Figura 16: Mapa de representación de la influencia de la erosión en el reparto Viviendas Checas.

METEORIZACIÓN:

La meteorización es otro proceso que afecta los viales con mayor distribución e intensidad en el Reparto Miraflores, su incidencia se incrementa al quedar al descubierto los agregados de la fundación de los viales que son desintegrados física y descompuestos químicamente por las diferencias de temperatura, el agua y los derivados del petróleo que caen en la vía por el propio transporte de los vehículos. agua y los derivados del petróleo que caen en la vía por el propio transporte de los vehículos.



Figura 18: Mapa de representación del fenómeno geológico meteorización en el reparto Viviendas Checas.



Figura 19: Representación del fenómeno geológico meteorización en el reparto Miraflores.

ACUMULACION:

Este es otro fenómeno presente en el área que se puede clasificar con una influencia de baja-media, este proceso consiste en la deposición y acumulación de los materiales procedentes de la erosión, una vez que cesa el movimiento y se alcanza una posición de ocasionado por el escurrimiento pluvial, este

fenómeno está presente en el área de estudio debido a la mala construcción del sistema de alcantarillado y de las canalizaciones o ausencia de estas últimas (Figura 20). Se desarrolla más hacia los viales pertenecientes al reparto Viviendas Checas.



Figura 20: Afectación sistemática de alcantarillado, reparto Miraflores.

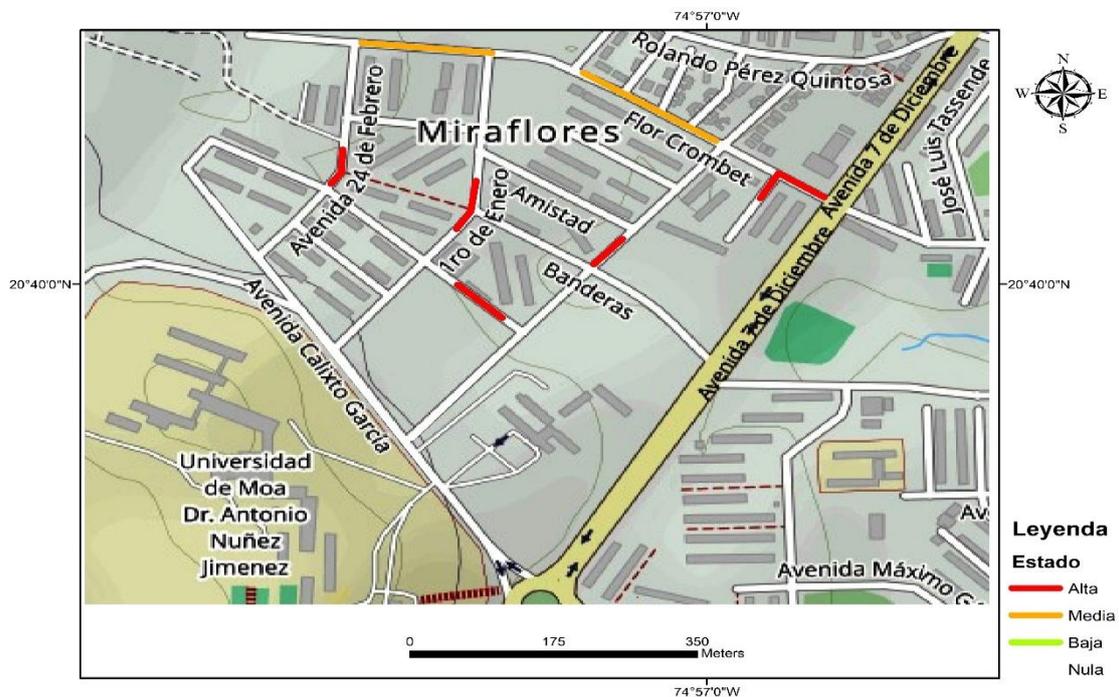


Figura 21: Mapa de representación del fenómeno geológico acumulación en el reparto Miraflores.

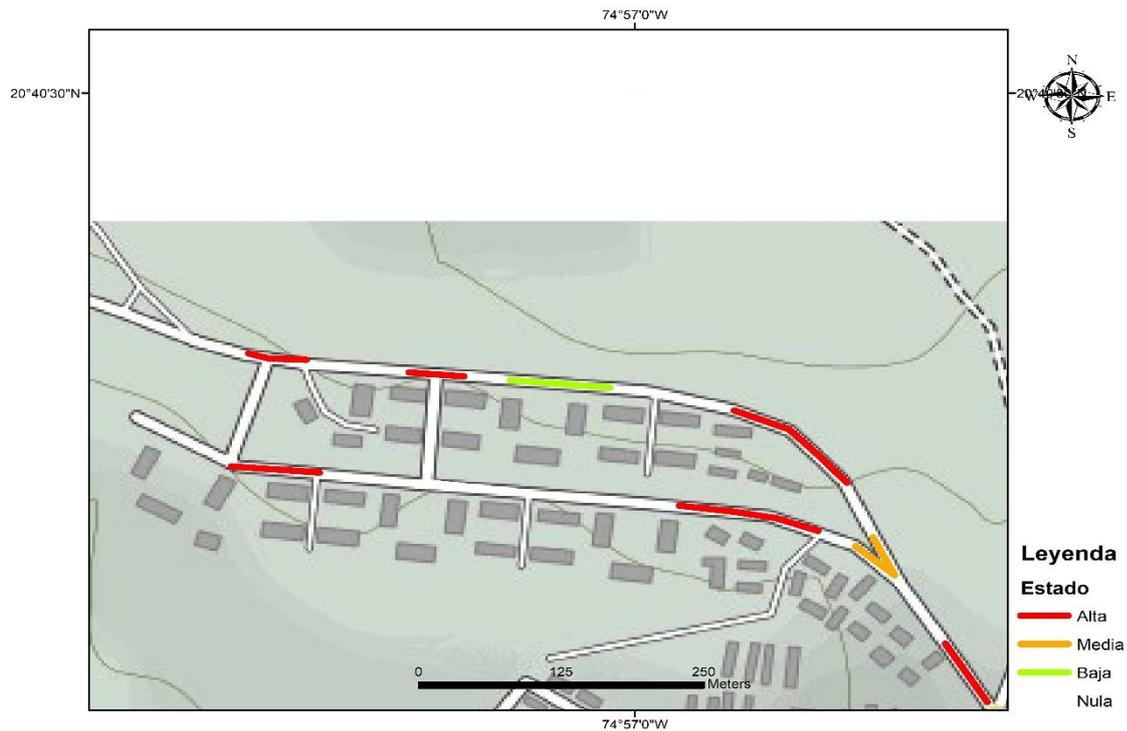


Figura 22: Mapa de representación del fenómeno geológico acumulación en el reparto Viviendas Checas.

3.2 Identificación de los deterioros de los viales en los repartos Miraflores y Viviendas Checas:

Los viales no fallan o colapsan repentinamente, sino que lo hacen de forma gradual y progresiva. La acción fundamentalmente del transporte vehicular, los procesos geológicos principalmente la erosión seguido de la meteorización y por último la acumulación; en combinación estos con la baja calidad del proceso constructivo siempre tiene una manifestación en la superficie del pavimento.

A través de la inspección visual y la evaluación de los deterioros que se van produciendo es posible seleccionar las medidas correctivas más oportunas y adecuadas, que tiendan a neutralizar o al menos retardar este proceso de pérdida y preserven mediante su aplicación la estructura del pavimento y prolonguen su vida útil.

Con la inspección visual se detectaron regularmente en todos los viales ya sea en un tramo u otro, afectaciones tales como baches, hundimiento del vial, pérdida de los agregados y agrietamiento piel de cocodrilo las que se describen a continuación con la propuesta de medidas correctivas.

Agrietamiento por fisuras Piel de cocodrilo

Son consecuencias de la deficiente calidad de los materiales utilizados en la fundación del vial que son susceptibles a la acción del agua por efecto del drenaje superficial inadecuado combinado con la degradación y mala calidad de las mezclas asfálticas. Los identificados son de baja y alta severidad por lo que pueden ser remediados en mantenimientos rutinarios los primeros con sellado de la superficie con lechada asfáltica y los segundos con bacheo profundo incluida la reposición de base granular; de no ser rehabilitadas, la acción de las precipitaciones y la erosión pluvial más el incorrecto drenaje de las aguas pueden terminar convirtiéndolo en baches debido al hundimiento del vial y al empantanamiento.



Figura23: Piel de cocodrilo con A- severidad baja en Viviendas Checas y B- con severidad alta en Miraflores.

Hundimiento del vial

Depresión o descenso de la superficie original del pavimento en un área localizada del mismo. Pueden ocurrir en los bordes o internamente en la calzada. En muchos casos las depresiones son difíciles de detectar, solo es posible identificarlo mediante la acumulación de agua o vestigios de humedad después de la lluvia. Se originan por consolidación de estratos comprensibles de la fundación; deficientes prácticas de construcción (deficiente nivelación o

heterogeneidades constructivas de bases y sub-bases); por incremento de humedad en las capas de suelo.

Por el grado de erosión que presenta, el deterioro es de alta severidad por lo que se requiere de rehabilitación mediante aplicación de recapado con mezcla asfáltica en caliente y el mejoramiento del drenaje superficial y/o profundo



Figura 24: Hundimiento del vial con severidad alta e influenciado por la erosión en el reparto Miraflores

Baches

Descomposición o desintegración total de la superficie del pavimento y su remoción en una cierta extensión, usualmente menor de 0.9m de diámetro, formando un hoyo o cavidad redondeada, de bordes netos y lados verticales en su parte superior. Constituyen daños estructurales que interrumpen la continuidad del pavimento; su presencia es indicativa de insuficiente mantenimiento y por tanto incremento de los procesos erosivos en los viales.

La acción conjugada del tránsito vehicular con la falta de mantenimiento y la intensidad de los agentes erosivos provocan la remoción del material, originando el bache por la retención e infiltración de agua en áreas deprimidas (hundimientos) o agrietadas del pavimento. Presentan un grado de severidad alto por lo que se propone escarificar el pavimento existente y reconstrucción parcial con base granular y carpeta asfáltica.

Estos baches constituyen la manifestación última a la que se llega por evolución de otros deterioros como consecuencia de la falta de un mantenimiento oportuno. A medida que progresa el deterioro del pavimento, los

baches aumentan en profundidad, número y extensión; y se acelera debido a la retención de agua en las cavidades abiertas y su infiltración a las capas inferiores que incrementan los procesos erosivos.



Figura 25: Representación de baches en los repartos Miraflores y Viviendas Checas.

Pérdida de agregados.

Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos.

La erosión es más intensa y por la acción del agua extrae y deposita estos agregados en otras zonas del vial incrementando la acumulación. Este deterioro conlleva a la pérdida de la carpeta asfáltica completamente.

Debe proponerse la rehabilitación de la vía mediante el sellado de la superficie con lechada asfáltica.



Figura 26: pérdida de agregados

3.3 Influencia de los fenómenos geológicos en los Repartos Miraflores Viviendas Checas en el deterioro de los viales:

En general el deterioro de los viales en los repartos Miraflores Viviendas Checas del municipio de Moa se intensifica por la influencia de los fenómenos geológicos (meteorización, erosión, acumulación) desde nula, baja, baja-media, media- alta y alta, siendo el Reparto Miraflores el más afectado por la erosión y el Reparto Viviendas Checas por la acumulación de sedimentos que se clasifica de media-alta y alta (Fig.27).

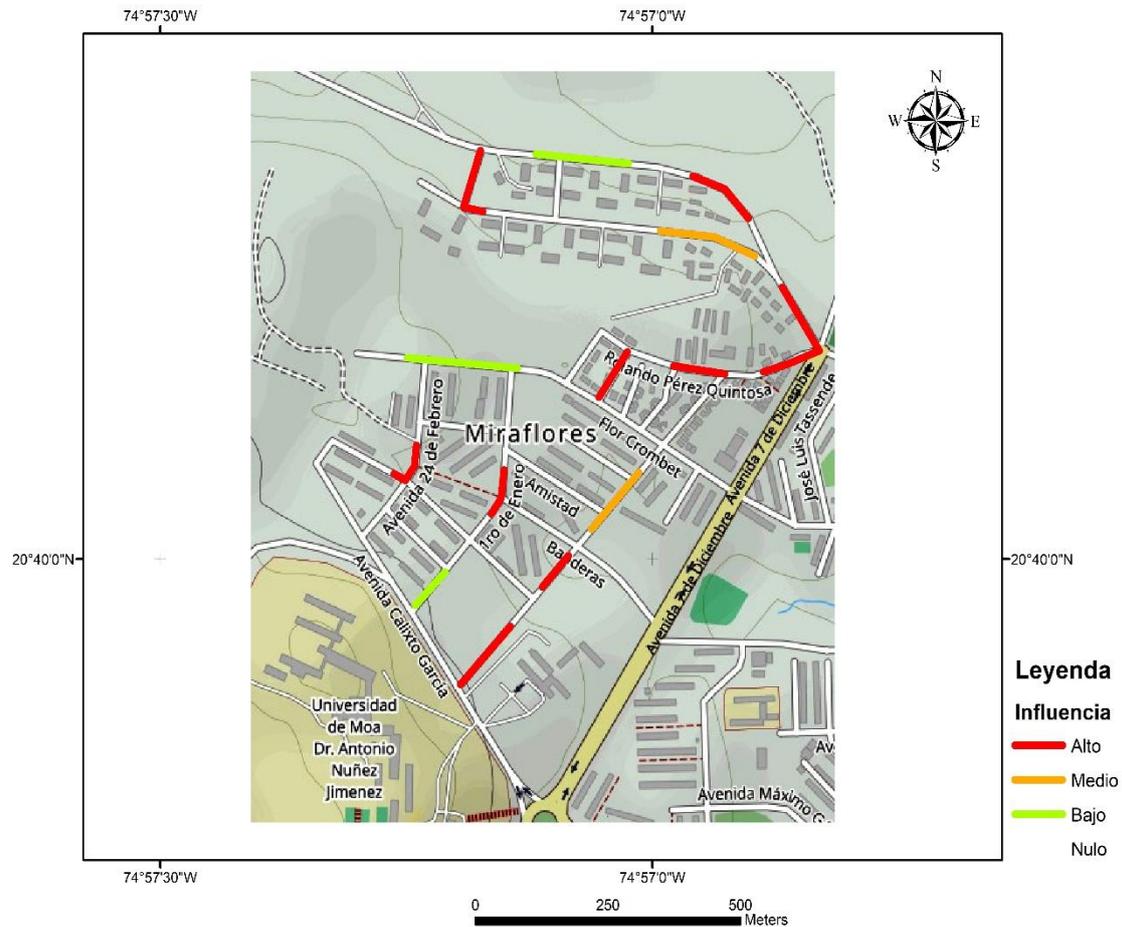


Figura 27: Mapa de representación de la influencia de los procesos geológicos en los repartos Miraflores-Viviendas Checas.

Además de las medidas de rehabilitación de los viales con vistas a mejorar su estado de conservación, se proponen acciones que deben acometerse en un periodo corto de plazo para garantizar la durabilidad de los mismos y disminuir la distribución e intensidad de los fenómenos geológicos.

Entre algunas de estas acciones se encuentran:

1. Revitalizar el sistema de drenaje superficial para permitir la correcta canalización del agua tanto pluvial como la del sistema de acueducto que posee grandes salideros.
2. Caracterizar el material de fundación empleado en la reparación de los viales.
3. Eliminar los matorrales y los desechos sólidos de las canalizaciones
5. Implementar un sistema de mantenimiento rutinario de los viales

CONCLUSIONES:

1. Los fenómenos geológicos que afectan a los viales en los repartos Miraflores Viviendas Checas son la meteorización, la erosión, y la acumulación.
2. La erosión es el fenómeno geológico mayor distribuido en el área de estudio y que actúa con alta intensidad, seguido de la meteorización y por último la acumulación de sedimentos, siendo esta última más representativa en el Reparto Viviendas Checas
3. Los fenómenos geológicos estudiados, de forma general, presentan una influencia baja-media en el Reparto Viviendas Checas, llegando a media-alta y alta en el Reparto Miraflores, resaltando la mayor afectación de los viales en este reparto
4. Los principales deterioros que presentan los viales son agrietamiento por piel de cocodrilo, hundimiento del vial, baches y pérdidas de agregados; los cuales pueden eliminarse a través de un proceso de mantenimiento y rehabilitación.

RECOMENDACIONES:

1. Extender el estudio de los fenómenos geológicos que afectan a los viales a todos los Consejos Populares del municipio de Moa.
2. Entregar a los órganos decisores del municipio los resultados de esta investigación para que se consideren las medidas propuestas en la misma para la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Ashley Camhi, Lisa Mandle, Rob Griffin, Josh Goldstein, Rafael Acevedo, Michele Lemay, Elizabeth Rauer, Victoria Peterson (2016). Carreteras y Capital Natural: Gestión de las dependencias y de los efectos sobre los servicios ecosistémicos para inversiones sostenibles en infraestructura vía. Colombia.
2. Adolph, D. O. (2014). Estimación de la pérdida de suelos por erosión en el sector. Moa: ISMMM.
3. Almaguer, P. L. (2012). Influencia de los procesos geológicos en la morfología costera del municipio de Moa. Moa: ISMMM.
4. Blogspot. (08 de noviembre de 2022). Obtenido de [blogspot.com/2009/07/lasedimentacion-y-sus-tipos.html](https://www.blogspot.com/2009/07/lasedimentacion-y-sus-tipos.html)
5. BlogStructuralia. (s.f.). Recuperado el 8 de noviembre de 2022, de <https://www.BlogStructuralia.com>.
6. Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo. (2016) Carreteras y Capital Natural. (s.f.).
7. Carmenate y Guardado. (1996) Evaluación Ingeniero/Geológica de las áreas con peligros geoambientales de la ciudad de Moa. Geología -Minería.
8. Colectivo de autores. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN (CATÁLOGO DE FALLAS) República Dominicana 2016.
9. Fema. (s.f.). Recuperado el 8 de noviembre de 2022, de <https://www.fema.gov/es/tipos-de-inundaciones#1>.
10. Fournier, F. (1975). Conservación de suelos (No. S593 F6e).
11. García-Chevesich, P. (2008). Procesos y control de la erosión.
12. Geología, 15(2): 37-41, 1998b.
13. Griem, W. &.-K. (1999). Rocas sedimentarias clásticas 5. Ejemplos de rocas clásticas.
14. Iturralde-Vinent, M. (1998). Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. Acta Geológica Hispana. 75 Trabajo de Diploma Jorge E. Pérez Vázquez
15. L. Domínguez. (2005). Potencial Geológico y Geomorfológico de la región de Moa para la propuesta de un modelo de gestión de los sitios de interés patrimonial. Moa, Holguín, Cuba: ISMMM.

16. Lisa Mandle, R. G.-D. (s.f.). Gestión de las dependencias y de los efectos sobre los servicios ecosistémicos para inversiones sostenibles en infraestructura vial. Carreteras y capital natural.
17. Morgan, R. (2005). Soilerosion and conservation. NationalSoilResourcesInstitute.
18. Ofiolítico Moa-Baracoa: un ejemplo de interacción magma/peridotita. Revista de la Sociedad Geológica de España, 12(3-4): 309-327, 1999b.
19. Proenza, J. y N.M. Carralero. Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca de Sagua de Tánamo. Minería y Geología, 11: 3-10, 1994.
20. Proenza, J.; F. Gervilla; J.C. Melgarejo. La Moho Transition Zone en el Macizo 20. Proenza, J.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla. La faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba oriental): una litosfera oceánica modificada en una zona de suprasubducción cretácica. En: Tercera Conferencia Internacional sobre Geología de Cuba, el Golfo de México y el Caribe Noroccidental, 2000.
21. Proenza, J.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla; J. Solé. Los niveles de gabros bandeados en el macizo ofiolítico Moa-Baracoa (Cuba). Gabros característicos de cumulos de ofiolitas de zonas de suprasubducción. Minería y Geología, 16 (2): 5-12, 1999c.
22. Quintas, F. Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1989. 161p.
23. Quintas, F.; J. Proenza; J.L. Castillo. Análisis tectono-sedimentario de la paleocuenca Sabaneta. Minería y Geología, 12: 3-8, 1995
24. RODRÍGUEZ INFANTE, ALINA. Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de los riesgos de génesis tectónica. Tesis de Doctorado. ISMM. Facultad de Geología y Minería. Moa, 1988.