

Trabajo de Diploma

En opción al Título de
Ingeniero Geólogo

**Construcción del mapa
geomorfológico del municipio
Banes a escala 1: 100 000.**

Autor: Dihosvanys L. Arias González.

Tutora: Dr. Alina Rodríguez Infante.

Pensamiento

Tan solo por la educación puede el hombre llegar a ser hombre. El hombre no es más que lo que la educación hace de él.

Kant.

Dedicatoria

Al que tenga el placer de leer estas líneas...

Agradecimientos

A las personas que han estado presentes en todo momento y han sabido dar su apoyo...

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo la confección del mapa geomorfológico del área centro septentrional de la provincia de Holguín, prestándole especial interés a la zona de Banes. Este trabajo se realiza como parte de un proyecto nacional que lleva a cabo la empresa Geocuba Oriente Norte de construir el mapa geomorfológico de la isla a escala 1: 100 000, para esto confeccionaron una metodología por la cual se rige parcialmente la presente investigación, fueron utilizados diferentes métodos morfométricos que en conjunto con los mapas temáticos de la zona y los mapas auxiliares obtenidos a través del software Surfer y AutoCad dieron como resultado las directrices para dibujar el mapa resultante. El mapa resultante se dividió en tres zonas geomorfológicas principales con sus respectivas subzonas, las cuales se escogieron por el tipo de relieve que encierran, la litología, origen y los parámetros obtenidos de la interpretación de los mapas morfométricos. El resultado de la investigación es el mapa geomorfológico del área de Banes, este tiene una gran utilidad en campos tan variados como construcción, medioambiente, agricultura y otros.

Abstract

The present work, you have like objective the confection of the geomorphologic map of the area north center of Holguín's province rendering especial interest to Banes zone. This work as part of a national project that the company accomplishes North GeoCuba Orient to construct the geomorphologic map of the island sells off to scale 1: 100 000, ad hoc they manufactured a methodology which it is in effect for partially present it investigation. Different morphometric methods were utilized than in tandem with the thematic maps of the zone and the auxiliary maps obtained through the software Surfer and AutoCad gave as a result the directrix to draw the resulting map. The resulting map split into three principal geomorphologic zones with his respective sub-zones, which chose themselves for the kind of relief that they shut in, lithology, origin and the parameters was gotten from of the interpretation of the morphometric maps. The result of investigation is the geomorphologic maps of Banes are, this has a great utility at so fields varied like construction, environment, agriculture and others.

Índice

RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA REGIÓN.	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Estado del arte.....	3
1.3 Características físico-geográficas y económicas.....	7
1.3.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	7
1.3.2 Relieve	8
1.3.4 Suelo	9
1.3.5 Condiciones hidrográficas.....	10
1.3.6 Clima	10
1.3.7 Vegetación	12
1.3.8 Recursos naturales.	13
1.3.9 Desarrollo económico	13
1.4 Particularidades geológicas.....	14
1.4.1 Estratigrafía.....	14
1.4.2 Tectónica.....	19
1.4.3 Geomorfología	20
1.4.4 Hidrogeología.....	21
1.4.5 Procesos físico-geológicos predominantes en la región.	22
1.5 Conclusiones.	23
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.	24
2.1 Introducción.....	24

2.2 Etapas de la Investigación	24
2.2.1 Etapa preliminar	24
2.2.2 Etapa experimental	25
2.2.3 Representación e interpretación	27
2.3 Principios teóricos y métodos de análisis	28
2.4 Procesamiento de la Información.....	31
2.5 Conclusiones	45
CAPÍTULO 3: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.	46
3.1 Introducción.....	46
3.2 Mapas auxiliares.....	46
3.3 Tipos de relieve presente.	57
3.4 Mapa de Morfoalineamientos	60
3.5 Mapa Geomorfológico.	61
3.6 Conclusiones	70
CONCLUSIONES GENERALES.	71
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	73
ANEXOS	79

Introducción

En nuestro país se han desarrollado distintos estudios geomorfológicos antes y después del triunfo de la Revolución a diferentes escalas desde 1: 1 000 000 hasta 1: 25 000, confeccionándose mapas por distintas instituciones. Estos mapas y estudios se realizaron usando diferentes criterios técnicos rectores (leyendas y metodologías) con distintos enfoques en la interpretación del terreno, sin contar con un Modelo Digital del Terreno, imágenes de satélites u otros datos digitales, programas y software que se generan actualmente, esto limitaba su alcance detallado de todo el país, por lo que se está llevando a cabo un proyecto nacional para confeccionar el mapa geomorfológico de Cuba a escala 1: 100 000, será obtenido a partir de una combinación de métodos, tecnologías y concepciones cartográficas actuales, presentando mayor precisión que los anteriores de su tipo y elaborado con un tratamiento más profundo, acorde al avance de las geociencias en Cuba.

De aquí se desprende como situación problemática la necesidad de confeccionar un mapa geomorfológico de Cuba implementando las nuevas técnicas digitales y software pues como consecuencia de la expansión demográfica, entran en consideración todos aquellos problemas relacionados con la geología, especialmente aquellos que están ligados a procesos geológicos como son la agricultura, el riego, obras públicas y urbanismo. Estas aplicaciones de la geología de superficie necesitan de una infraestructura cartográfica básica, algo que proporciona un mapa geomorfológico.

La empresa Geocuba Oriente Norte (Agencia de servicios especializados y medioambientales) decidió comenzar por los municipios Banes y Mayarí porque en estos dos se agrupan prácticamente todos los tipos de relieve del país, desde el relieve montañoso en Mayarí hasta las costas y el fenómeno del carso en Banes.

La presente investigación se enmarca en el área de Banes pues este municipio no cuenta con un mapa geomorfológico de detalle y es una de las zonas de interés

por constituir un polo turístico y por sus sitios arqueológicos. Este municipio tiene gran abundancia de tierras de cultivo, posee suelos muy fértiles y hermosos ecosistemas marinos y terrestres, debido a la gran riqueza paisajística, que es aprovechada grandemente por el sector del turismo, se hace imprescindible contabilizar esta fortuna a través de un levantamiento geomorfológico del área que ayude a tener presente en construcciones o expansiones futuras estos recursos naturales tan preciados.

Problema: Necesidad de confeccionar el mapa geomorfológico del municipio Banes como parte del proyecto de construcción del mapa geomorfológico de Cuba.

Objeto: Relieve del municipio de Banes.

Campo de acción: Procesos activos y morfoestructuras del municipio Banes.

Objetivo general: Confeccionar el mapa geomorfológico del municipio Banes a escala 1: 100 000.

Objetivos específicos:

1. Construcción e interpretación de los mapas morfométricos.
2. Elaboración e interpretación del mapa de morfoalineamientos.
3. Delimitar las zonas geomorfológicas.

Hipótesis: si construyen e interpretan los mapas morfométricos y el mapa de morfoalineamientos y se delimitan las zonas geomorfológicas del área de estudio entonces se estará en condiciones de confeccionar el mapa geomorfológico del área de estudio.

Resultados Esperados:

1. Mapas morfométricos.
2. Mapa de Morfoalineamientos.
3. Mapa geomorfológico de la zona centro septentrional de Holguín a escala 1: 100 000.

Capítulo 1: Generalidades de la Región.

1. Introducción.
2. Estado del arte.
3. Características físico-geográficas y económicas.
4. Particularidades geológicas regionales y locales del área de estudio.
5. Conclusiones

1.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza el análisis de las principales investigaciones realizadas respecto a la geomorfología y geología del área de estudio, así como la caracterización de las condiciones geográficas y geológicas del territorio teniendo en cuenta su ubicación, relieve, condiciones climáticas, los tipos de suelos, condiciones hidrográficas; se plasman aspectos económicos, de la vegetación y recursos económicos de la zona. En este capítulo se hace énfasis en los aspectos geológicos regionales del municipio de Banes y se resalta la estratigrafía de la zona.

1.2 Estado del arte

Aunque se puede considerar a los antiguos naturalistas y fisógrafos como precursores de los actuales geomorfólogos, muchos autores sitúan el nacimiento de la Geomorfología en los trabajos llevados a cabo por el geólogo norteamericano William Morris Davis, especialmente su obra "The Geographical Cycle" (1899). Su gran aportación fue presentar la primera interpretación global del relieve, según un modelo histórico evolutivo. Su "ciclo geográfico", también llamado "ciclo del relieve" y "ciclo de erosión" plantea el modelado terrestre como una evolución a lo largo del tiempo, cuyo desarrollo puede referenciarse mediante etapas o estados secuenciales identificables por morfologías tipo o características.

Davis, de forma simplificada, sugirió tres estados evolutivos en la historia del relieve: juventud, madurez y senectud. El proceso evolutivo tiene lugar mediante la jerarquización hidrográfica y la penillanura. Posteriormente, la tectónica podría generar un ascenso del terreno, dando lugar a su rejuvenecimiento (evolución policíclica). A pesar de las limitaciones de sus teorías, Davis contribuyó significativamente con sus trabajos a la evolución de la Geomorfología en la primera mitad del siglo XX. (Gómez 2003)

En nuestra isla los trabajos geomorfológicos han ido a la par de los geológicos, siendo la geomorfología una ciencia independiente y una herramienta para los trabajos geológicos; los primeros levantamientos geológicos en la isla de Cuba estuvieron estrechamente ligados a la búsqueda de yacimientos minerales y no minerales. Señalar que el mérito de la etapa colonial se lo llevan los ingenieros Manuel Fernández de Castro y Pedro Saltaraín y Lagarra quienes realizaron uno de los primeros levantamientos geológicos de rigor científico en el país y lo publicaron en 1869 en Madrid con el nombre de: Croquis geológico de Cuba. En el período de la neocolonia el mérito corresponde a Jorge Brodermann, Pedro J. Bermúdez, Jesús F. de Albear, Antonio Calvache Dorado, entre otros; gracias a sus estudios e investigaciones se confeccionó y editó el Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 100 000 en el año 1946 dando una nueva perspectiva de la geomorfología en nuestro país, resaltando la importancia de prestarle la atención necesaria al relieve y los procesos formadores de este, así como su influencia en la infraestructura social, actividades antrópicas y riesgos potenciales para la vida humana.

A partir del triunfo de la revolución cubana se generaron en nuestra isla transformaciones favorables tanto en las actividades económicas principales del país como en la estructura de la sociedad cubana, se pusieron en marcha inmediatamente disímiles proyectos para conocer los recursos con los que verdaderamente cuenta el país, y así ponerlos a trabajar en favor de la revolución; entre las primeras metas que tenían estos trabajos de exploración estaban los yacimientos polimetálicos, cobre, la prospección de petróleo y recursos no

minerales necesarios para la construcción de viviendas e instituciones. Entre los años 1962-1963 fue elaborado el Mapa geológico a escala 1: 100 000, sobre la base del que ya estaba confeccionado en el año 1946, nació el primer libro de Geología de Cuba, todo esto a manos de Gustavo Furrázola Bermúdez y Constantino Judoley que lideraron un grupo de compañeros que recorrieron infatigablemente nuestras llanuras y sierras.

Gracias al apoyo desinteresado prestado por las academias de ciencias de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), Polonia, Bulgaria, Rumania y Hungría, se iniciaron en el año 1969 los trabajos para ejecutar la cartografía geológica básica del territorio nacional; los cuales terminaron satisfactoriamente en 1988 con la publicación de El Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1: 250 000 y El Mapa Tectónico de la República de Cuba a escala 1: 500 000. Estos mapas fueron un paso de avance en el conocimiento geológico de nuestro país y un punto de partida para los estudios geomorfológicos. Al concluir la cartografía básica, se tomaron algunas regiones donde era conveniente seguir explorando, para esto se establecieron acuerdos de cooperación en el marco del CAME (Consejo de Ayuda Mutua Económica), realizándose en las décadas de 1980 y 1990 mapas geológicos a escala 1: 50 000 y más detallados.

En el periodo 1972-1976, se realiza el levantamiento geológico de la antigua provincia de oriente a escala 1: 250 000 por la brigada cubano - húngara de la Academia de Ciencias de Cuba (1976), siendo el primer trabajo que generaliza la geología de Cuba Oriental. En este trabajo la región oriental se divide en cinco unidades estructuro faciales y tres cuencas superpuestas.

El mapa e informe final de esta investigación constituyó un aporte científico a la geología de Cuba al ser la primera interpretación geológica regional de ese extenso territorio basada en datos de campos, obteniéndose resultados interesantes expresados en los mapas geológicos, tectónicos y de yacimientos minerales, columnas y perfiles regionales así como el desarrollo de variadas hipótesis sobre la evolución geológica de la región.

Los primeros trabajos orientados específicamente al área centro septentrional de Holguín fueron desarrollados por geólogos norteamericanos en la búsqueda de oro al frente de los cuales estuvo Dikerson en el transcurso del año 1931 el resultado de su investigación lleva por título “Geological Reconnaissance of Oriente Province”, este trabajo lo realizaron los norteamericanos motivados por la presencia de importantes yacimientos de este valioso mineral; en cuanto a la geofísica (sísmica y gravimetría) fueron iniciados por diferentes compañías norteamericanas con el objetivo de la búsqueda de petróleo y gas esto fue en el año 1956. En todos estos trabajos se realizaron perforaciones, de las cuales se encuentra una ubicada en el central Nicaragua por la que en la actualidad todavía surge gas natural. A principios del triunfo de la revolución una expedición soviética de sísmica marina trabajó en las zonas de costas, al norte de las provincias orientales legando el Informe sobre los trabajos de la brigada sísmica marina de “Vladimir Obruchev” en el norte de la costa norte de la isla de Cuba efectuados en 1962, también orientado a la prospección de estructuras favorables para la acumulación de yacimientos gasopetrolíferos. (Vidal 2005)

Entre 1972 y 1976 la brigada cubano-húngara efectuó, como parte del proyecto del Mapa Geológico de Cuba, el levantamiento geológico de la antigua provincia de oriente a escala 1: 250 000, donde se reportó la presencia de rocas fosfatadas en esta área, así como materiales para la construcción importantes en esta época para el crecimiento de la economía del país. En el año 1986 se realizaron trabajos de búsqueda orientativa y detallada de calizas fosfatadas en Banes como constancia de esto queda el “Informe de la búsqueda orientativa y detallada de fosforita en Banes a escala 1: 10 000”, para esto se utilizaron métodos geofísicos (radiometría y magnetometría), fueron llevados a cabo por Veci-Viga. En 1992 se desarrolló una Exploración Orientativa y Detallada para roca ornamental, para uso como revestimiento, se desarrolló en el yacimiento Cabo Lucrecia. En los años 1996 y 1997 el geólogo cubano Martínez A. de la Empresa Geólogo Minera de Oriente desarrollo diferentes trabajos de prospección de cretas, los que fueron incluidos en su “Informe geológico de Prospección Detallada de Cretas Fustete”, Banes.1997. En el 2005 el diplomante Yunion Consuegra Vidal presento su tesis

de la zona de Banes titulada: “Valoración de los recursos minerales no metálicos del municipio Banes en función al desarrollo sostenible y ordenación del territorio. Materiales de construcción.”

Entrando en el tema que ocupa la presente investigación, la geomorfología del municipio Banes, el año 1989 marcó un hito en el estudio de esta ciencia al celebrarse el primer Congreso de Geología-Geomorfología; se presentaron múltiples trabajos relacionados con esta geociencia. En julio-diciembre del 2003 la revista de Geografía en conjunto con Pan American Institute of Geography and History publicó un artículo de Mario O. Cotilla Rodríguez titulado “Estudio geomorfológico del carso en la región Gibara-Banes de Holguín, Cuba” en este artículo el autor realiza un estudio geomorfológico de las generalidades y de algunas particularidades del carso. El estudiante Arnaldo Ricardo Labrada en su trabajo de diploma en opción al título de ingeniero geólogo titulado: Pronostico de procesos y fenómenos físico-geológicos del sector centro-septentrional de la provincia Holguín, hace un estudio morfométrico extenso del área, todo esto bajo la tutoría de la Dr. Alina Rodríguez Infante. Posteriormente la Empresa Geocuba Oriente Norte, la cual radica en la provincia Holguín ha llevado investigaciones de la zona de conveniencia constructiva y en la actualidad es la encargada de llevar a cabo el proyecto del levantamiento geomorfológico de Cuba escala 1:100 000 con el objetivo de unificar en una sola escala los disimiles trabajos y mapas hechos por otros investigadores, este proyecto engloba el presente trabajo en el cual se pretende construir un mapa geomorfológico de la zona de Banes.

1.3 Características físico-geográficas y económicas

1.3.1 Ubicación geográfica del área de estudio

Geográficamente el área de estudio se encuentra ubicada hacia la parte nortoriental de la Isla de Cuba, ocupando el municipio de Banes en la provincia de Holguín (Figura 1.1). El área (municipio Banes), se encuentra dentro de la carta

topográfica Banes (*Anexo 2*) a escala 1: 100 000 (5078), parte centro septentrional de la provincia de Holguín, limitada por las siguientes coordenadas Lambert:

- X: 586639.57838397, Y: 260716.11771129;
- X: 638622.24156827, Y: 261063.68591766;
- X: 638926.11164424, Y: 224163.79823788;
- X: 586829.51695436, Y: 223815.36002348.

El municipio limita al norte con el Océano Atlántico, al este con el Océano Atlántico y el municipio de Antilla, al sur con el de Mayarí y al oeste con el municipio de Báguano. Del área de estudio se hará más énfasis al sector que corresponde con el municipio Banes, de este solo se aprecia la parte sur como se ve en la Figura 1.1.

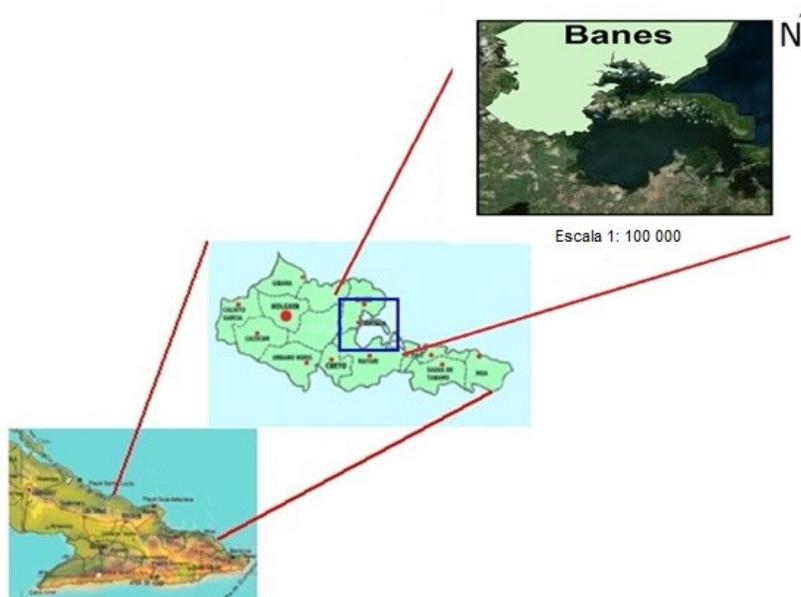


Figura 1.1 Mapa de ubicación geográfica.

1.3.2 Relieve

En el municipio Banes predominan las llanuras y las elevaciones de poca altura. Las tierras del litoral son onduladas, debido a la abundancia de colinas y farallones de sus lomas, que pertenecen al grupo orográfico de Maniabón. Este conjunto de

otros se halla compuesto por dos series, una sobre las costas y otra interior, constituyendo ambos grupos elevaciones de poca altura. El relieve del cabo presenta sus principales colinas en el litoral, bordeando toda costa, lo que contrasta con las pocas elevaciones que tiene el litoral. El punto culminante lo conforma el Pan de Samá al noroeste del municipio con una altura de 320 m sobre el nivel del mar, otras elevaciones importantes son la Sierra de Yagüajay con 129 m, cordillera La Cuchilla con 284 m, loma La Vigía con 337 m y Sierra de Mulas con 139 m. El aspecto general del terreno en este municipio es llano y ondulado, con algunas montañas en la costa. Es regado por los ríos Banes, Jagüeyes y Negro. El río Banes que nace en la falda meridional de las lomas de Mulas y va a desembocar a la costa norte por la orilla del puerto de Banes. (Labrada. 2008)

1.3.4 Suelo

La mayoría de los suelos pertenecen a los tipos genéricos: calizos y gley tropical; aunque en extensiones más limitadas existen suelos de otras clases como aluviales y arcillosos. Los suelos calizos son los que predominan en las tierras que forman el cabo Lucrecia hasta la parte septentrional de la Bahía de Banes, la mayor parte se caracterizan por ser del grupo pardos rojos derivados de rocas calizas; teniendo un pH elevado, que en ocasiones es neutro(7). Esta clase de suelo es muy fértil, no tiene perdigones y sirve para cualquier tipo de cultivo.

Se distinguen algunos cayos con otras clases de suelos como: latosotes típicos, suelos rojos que se derivan de rocas calizas con concreciones de hierro, también muy fértiles y buenos para cualquier cultivo; además de suelos arcillosos, que generalmente tienen contenido calcáreo y que poseen un pH más básico, por lo que su fertilidad es relativa y depende de la efectividad del drenaje. La parte sur de Banes pertenece al tipo gley tropical (tipo Alto Cedro según calificador de Bennet y Allison), el cual se caracteriza por su mal drenaje pues las aguas se acumulan en las partes bajas, impedida de filtrarse por una película de arcilla

compacta y se agrietan en períodos de sequía. También se encuentran los suelos cenagosos que están presentes en la costa de la bahía de Banes. (Vidal 2005)

1.3.5 Condiciones hidrográficas

La red hidrográfica presenta dos vertientes, una hacia el norte y otra hacia el sur. La vertiente norte es pobre, caracterizada principalmente por la existencia de corrientes de poco caudal y de cursos intermitentes que drenan durante el período húmedo, se destaca el río Samá y los arroyos Río Seco y Arroyo Seco. En la vertiente sur, la red fluvial es más importante, se distinguen los ríos Tasajeras, Banes, Cortaderas, Jagüeyes, así como varios arroyos de cursos intermitentes. En la zona del cabo Lucrecia se manifiesta una menor cantidad y calidad de las corrientes. Su pobre dotación de ríos y arroyos se debe entre otras causas a la falta de elevaciones importantes en las cuales puedan formarse y descender cursos de agua. La ubicación geográfica de las lomas existentes, agrupadas sobre las costas del cabo Lucrecia, hacen que las corrientes de agua dulce descendan con rumbo sureste hasta desembocar en la bahía de Banes, favorecidas por el litoral de ésta, carente de elevaciones. (Labrada. 2008)

1.3.6 Clima

El régimen térmico de una región es una de las características fundamentales de su clima, de manera que las anomalías o los cambios que se producen en otros elementos climáticos tienen relación de una forma u otra con las variaciones de la temperatura del aire. De forma general, la distribución, tanto espacial como temporal, para un territorio están determinadas, en gran medida, por las peculiaridades del régimen de radiación solar, de forma tal que a mayor radiación solar incidente, generalmente corresponde un aumento de la temperatura del aire.

Por su parte, en la mayor parte del territorio cubano la marcha anual de la precipitación oscila entre una temporada lluviosa y otra menos lluviosa, esta

fluctuación depende de la intensificación y debilitamiento de los vientos alisios, cuya variación estacional es provocada por los cambios de la posición e intensidad del Anticiclón de las Azores- Bermudas. De manera general, este elemento climático tiene una distribución muy irregular, tanto en la escala espacial como temporal, lo que hace de su estudio, tal vez, el más complejo de todos los elementos climáticos. (Graciela Pérez Rivas 2011)

En correspondencia con la marcha anual de la radiación solar global, la temperatura del aire en la provincia alcanza sus máximos anuales en el trimestre julio- septiembre, mientras que los mínimos se registran en el período diciembre-febrero. Por su parte, la distribución espacial de los valores medios mensuales y anuales posee una marcada influencia del relieve y de la distancia a la costa. En el *Anexo 4* se observa que en el municipio de Banes la distribución media anual del aire se mantiene sobre los 24^o C todo el año, en el interior del municipio cercano a los 24^o C y en la franja de la costa tiende a subir, alcanzando hasta 28^o C la temperatura del aire; teniendo esto basta influencia sobre los procesos formadores del relieve. (Graciela Pérez Rivas 2011)

Precipitaciones

La lámina promedio anual referida al período 1981-2010 es de 1048.6mm, por su parte la marcha anual presenta los mayores acumulados durante el período lluvioso (mayo-octubre con el 64.5 % del total anual), en tanto los bimestres mayo-junio y septiembre-octubre ocurren los mayores acumulados de precipitación con el 23.4 % y el 25.2 % del total anual, mientras que en julio- agosto se destaca por poseer los acumulados más bajos, provocado por la sequía intraestival que afecta a la región en los estos meses.

El período poco lluvioso (noviembre-abril) se caracteriza por presentar los acumulados más bajos de precipitación, sin embargo el mes de noviembre se destaca con valores similares o por encima de algunos meses del período lluvioso (julio y agosto). A partir del criterio de inicio y fin del período lluvioso, se pudo determinar que para la provincia, el mismo comienza en la segunda decena de mayo y culmina en la segunda de noviembre, mientras que para los municipios de

Sagua de Tánamo, Frank País y Moa este período no está definido. (Graciela Pérez Rivas 2011)

Dentro del territorio se observa (*Anexo 5*) que posee un régimen de lluvias con un acumulado anual promedio entre los 1 000 y 1 200 mm, en las zonas próximas a la costa ese acumulado puede ser menor de los 1 000 mm. La temperatura media del aire oscila entre 22-26° C y los acumulados anuales de precipitación se encuentran entre 800-1 400 mm. La velocidad del viento no supera los 18 km/h y la dirección predominante es del NE-E (más del 50 % de los casos), mientras la frecuencia de calmas excede el 30 %. (Graciela Pérez Rivas 2011)

El municipio Banes es de clima seco, con pocas precipitaciones y un promedio de la temperatura del aire entre 24⁰ C y 28⁰ C; estos factores son condicionantes importantes en los procesos geomorfológicos que influyen sobre el relieve de la región.

1.3.7 Vegetación

Se destaca la manigua costera y el bosque semicaducifolio con un estrato arbóreo medio. También se presentan los cabales de las Alturas de Maniabón y el manglar de las zonas costeras. Entre estas formaciones vegetales existe gran cantidad de especies endémicas entre las que se destacan el ecosistema costero el Mije de Banes y el Sarconfalo Marcado.

El resto de la superficie del municipio está ocupada por: Cooperativas de Créditos y Servicios, Frentes Agrícolas, Autoconsumo de Empresas, Usufructuarios, Campesinos Dispersos, Granjas Urbanas, Asentamientos Humanos y otras formas de producción agrícolas. Además el municipio cuenta con dos Frentes Agrícolas, el Bruno Meriño de Godínez y el Remigio Marrero de Mejías Cuatro. Por lo que se puede constatar que el suelo del municipio ha sufrido transformaciones y cada día se estudia más sobre la posibilidad de explotarlos en aras de fortalecer el medio ambiente y los cultivos. (Ecured)

1.3.8 Recursos naturales.

Los recursos naturales del municipio están constituidos en lo fundamental por sus suelos agrícolas, así como también por grandes recursos paisajísticos con amplias posibilidades de aprovechamiento para el turismo, se cuenta con una superficie agrícola de 492,96 km² y 8 playas de gran calidad con una capacidad de 27000 bañistas, tiene más de 100 sitios arqueológicos, cuatro bahías, magníficas áreas de pesca y paisajismo submarino y áreas forestales naturales de gran valor científico-recreativo. (Ecured)

1.3.9 Desarrollo económico

En el municipio existen empresas, OEE, UBE, CPA, UBPC, CCS y establecimientos extraterritoriales. La base económica principal es la producción agropecuaria, donde se destacan la Empresa Agropecuaria “Nicaragua” dedicada a la producción de caña de azúcar y cultivos varios y la Empresa Pecuaria Banes, contando además con industrias de la rama alimentaria, de materiales de construcción, tabaco, confecciones textiles, artesanía, fábrica de Cilindros Hidráulicos, fábrica procesadora de Cítricos y la Fábrica de Sorbetos. La principal producción para la exportación es el aceite esencial de limón; que junto con el turismo constituyen los renglones fundamentales para la adquisición de divisas con que cuenta el municipio.

El turismo alcanza una gran importancia con la existencia del mayor Polo Turístico de la provincia y uno de los más importantes del país, se encuentra en la Playa Guardlavaca donde se han construido varios hoteles y otras instalaciones que se han convertido en una importante atracción para el turismo. Todo esto reporta una considerable entrada de divisas para la economía nacional y proporciona una gran cantidad de trabajos a los vecinos de la zona. (Ecured)

1.4 Particularidades geológicas

Geológicamente el área de investigación se encuentra en los límites del megabloque Camagüey-Maniabón, al oeste de la Falla Cauto-Nipe. No presenta grandes complejidades geológicas, aunque afloran rocas representativas de los diferentes eventos por los que atravesó el archipiélago cubano durante el Mesozoico y el Cenozoico. En su parte este y sur, afloran rocas del estadio platafórmico; hacia la parte oeste y norte se encuentran rocas pertenecientes al Cinturón Ofiolítico, las que contactan tectónicamente con rocas del Arco Volcánico del Cretácico y rocas de las cuencas superpuestas. Estas características se observan en el mapa geológico de la región (*Anexo 1*). (Vidal 2005)

1.4.1 Estratigrafía

La estratigrafía de la región está compuesta principalmente por: las Ofiolitas Septentrionales, la Cuenca Superpuesta, el Arco de Islas Volcánicas y el Neoautóctono. A continuación se hace un resumen de cada una basados principalmente en las formaciones que las componen. Este acápite es tomado del Léxico Estratigráfico del año 2013. (Linares 2013)

Ofiolitas Septentrionales

Las rocas de la secuencia ofiolítica están ampliamente distribuidas hacia el nortenoeste de la región de estudio, formando parte del Macizo Maniabón. El mismo presenta un desarrollo considerable del complejo ultramáfico. Se han reportado además pequeños afloramientos de gabros. El complejo ultramáfico desde el punto de vista petrológico se caracteriza por un predominio de harzburgitas, y en menor grado dunitas.

El contacto entre los gabros y el complejo ultramáfico generalmente es tectónico. Los principales tipos petrológicos descritos son: gabros olivínicos, gabronorita, gabros. El complejo de diques de diabasas no está representado, razón por la cual puede inferirse una expansión (spreading) lenta de la corteza oceánica.

Arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco).

Esta unidad se encuentra fundamentalmente hacia el NW, representada por las rocas de la Formación Iberia, así como por aislados intrusivos de composición diorítica. En el caso de la Formación Iberia es un complejo vulcanógeno-sedimentario representado litológicamente por lavas andesíticas, andesito-diabásicas y basálticas, diques diabásicos y basálticos, tobas, aglomerados básicos y medios, lavas y brechas andesito-basálticas, conglomerados, areniscas, calizas y margas. Se sedimentó a una profundidad variable; se aprecia desde cuenca profunda, pelágica, hasta la zona del talud inferior. Es un sustrato plegado proveniente del arco volcánico cretácico y su espesor oscila entre 1 000 y 1 200 m.

Cuenca superpuesta

Está compuesta por las formaciones: Tinajita, la Jíquima, Vigía, Charco Redondo y el olistostroma Haticos. La Formación Tinajita está constituida por calizas biodetríticas o microcristalinas, de color gris a gris claro, de facies retroarrecifales, masivas o en capas gruesas, compactas. Rara vez contiene partes margosas o dolomitizadas, aparece cortada por numerosas venas de calcita. Se encuentran fuertemente carsificadas con abundantes cavernas. En ocasiones, se aprecian margas, margas calcáreas y calcarenitas en la base de las calizas. Se depositó en un ambiente nerítico, en parte arrecifal. En lo referente al ambiente tectónico de la formación es un sustrato plegado de unidades de naturaleza oceánica, cuencas postvolcánicas y transportadas del primer ciclo, tiene un espesor aproximado entre 30 y 50 m.

En lo correspondiente a la formación la Jiquíma es una presencia de semiciclos donde las rocas transicionan gradualmente de granulometría gruesa a fina. Está representada por conglomerados polimícticos, areniscas, limolitas, lutitas, margas y calizas arcillosas, las cuales se repiten rítmicamente en el corte de la unidad. Aunque puede haber ausencia de algunas de estas litologías, en ocasiones los paquetes de conglomerados pueden observarse de forma aislada. La

estratificación puede ser desde muy gruesa y masiva, a media y fina, por lo que en esta unidad están presentes los flysch de tipo proximal, medial y distal. Se depositó en aguas de mediana profundidad, en un medio reductor que posibilitó la conservación de restos de plantas carbonizadas. Es un sustrato plegado con unidades de naturaleza oceánica, cuencas postvolcánicas y transportadas del primer ciclo. Tiene un espesor aproximado de 300 m.

En la Formación La Vigía se observan intercalaciones de areniscas polimícticas de granos gruesos, y de medianos a finos; limonitas, calizas arcillosas y margas de color verde grisáceo, dispuestas en capas de 3 cm a 5 cm de espesor. Más arriba, en la secuencia, aparecen tobas riódacíticas blancas y grises, así como tufitas intercaladas con margas y calizas arcillosas. Las areniscas están bien estratificadas. En algunas capas se encuentran foraminíferos grandes. Se sedimentó en un ambiente nerítico, con un régimen dinámico de las aguas muy inestable. Las tobas tienen su origen en una actividad volcánica lejana. Tectónicamente es un sustrato plegado de unidades de naturaleza oceánica, arco volcánico del Paleógeno. Su espesor oscila entre 200 y 300 m.

Por último en la Formación Charco Redondo se aprecian calizas compactas organodetríticas, fosilíferas, de color variable, predominando los tonos blancos a grises verdosos. En la parte inferior del corte, son frecuentes las brechas, donde predomina la estratificación gruesa, mientras que en la parte superior predomina la estratificación fina. Esta se depositó en aguas marinas poco profundas, en un ambiente sublitoral bajo un ambiente tectónico Neoautóctono o de Neoplateforma con un espesor entre 50 y 200 m.

En lo referente al Olistostroma Haticos que conforma la Cuenca superpuesta se aprecia que comprende una potente secuencia olistostrómica formadas por sedimentos caóticos tectono-sedimentarios procedentes del Paleoceno. Litológicamente se compone por brechas y conglomerados polimícticos con una matriz de areniscas, aleurolitas y limolitas de color pardo y gris. Las brechas y conglomerados a veces tienen lentes o intercalaciones de areniscas y aleurolitas flyshoides y molásicas de color pardo, pardo amarillentas con estratificación

graduada. Presenta olistolitos de tamaños variables, van desde pocos metros hasta centenares y sus litologías son: ultramafitas serpentinizadas, gabro, gabro-diabasas, cuarcitas, calizas, areniscas, limolitas, basaltos, andesito-basaltos, tufitas y granodioritas. La parte superior de la unidad está constituida por conglomerados y brechas tobáceas, con intercalaciones de tobas riódacitas o dacíticas.

Neoautóctono

Este período está conformado por las formaciones: Camazán, Río Jagüeyes, Vázquez, Júcaro y Jaimanitas. En el caso de la formación Camazán está compuesta por calizas coralino-algáceas (biolititas), calizas biodetríticas, a veces arcillosas, formando capas de 15 a 30 cm de espesor, con macroforaminíferos apreciables a simple vista; calcarenitas, calciruditas, limolitas calcáreas, con intercalaciones de margas y arcillas, ocasionalmente yesíferas. Coloración variable, amarillo, crema, marrón y gris. Se depositó en parte en la zona sublitoral, con facies arrecifales y retroarrecifales y, parcialmente, en un ambiente con circulación restringida. Tiene un espesor que oscila entre 440 y 800 m, según datos de pozos.

Prestando atención a la Formación Río Jagüeyes se observa que está conformada por: Limolitas, areniscas, gravelitas polimícticas de matriz arenácea a arcillosa, con cemento carbonático escaso o ausente y margas arcillosas y arenáceas, fosilíferas, alternando con calizas biodetríticas, calizas biohémicas, calcarenitas y arcillas. Las arcillas y limolitas pueden ser yesíferas. Predominan los colores crema, grisáceo y marrón. Su ambiente de sedimentación abarca un complejo facial que va desde cuenca restringida hasta la zona sublitoral, incluyendo su borde. Alcanzando un espesor de hasta 150 m.

La formación Vázquez presenta alternancia de margas, limolitas calcáreas o arcillosas, y arcillas esmécticas, arcillas arenáceas, que en la parte occidental del área de distribución contienen intercalaciones finas y concreciones de magnesita, que puede presentarse también en estratos de 5 m y más. Subordinadamente se

aprecian calizas biodetríticas arcillosas, calizas micríticas, calcilitas poco consolidadas (éstas a veces con débil fosfatización), calcarenitas, areniscas, pseudoconglomerados, conglomerados calcáreos y polimícticos, constituidos por serpentinitas, gabros, cuarzo, vulcanitas y granitoides. También en ellas se encuentra yeso, pirita y lignito. Colores variados: crema, amarillento, grisáceo, verdoso, rojizo y blancuzco, con predominio del primero. Estratificación enmarcada, en general, por los cambios litológicos.

La presencia de arcilla con yeso, pirita, restos vegetales y lignito indican un ambiente de cuenca restringida, en un medio reductor, probablemente pantanos y lagunas costeras, al cual corresponde la asociación Ammonia-Ostracoda. Las asociaciones bentónicas presentes en otros horizontes y localidades (Elphididae, Amphisteginidae, Soritidae) caracterizan un ambiente sublitoral de moderada energía. La formación tiene un espesor que oscila entre 52 y 200 m.

La Formación Júcaro está conformada por calizas, generalmente arcillosas, que se desagregan en pseudoconglomerados, calcarenitas, margas, limolitas, en ocasiones con gravas polimícticas, arcillas yesíferas, localmente aparecen dolomitas. Contiene horizontes fosilíferos. Puede existir un conglomerado basal. Colores amarillo y crema que, por alteración, pasan a rojo y violáceo. Se sedimentó en un ambiente sublitoral, con un espesor en su segundo hipoestratotipo de 42 m.

La Formación Jaimanitas está compuesta por calizas biodetríticas masivas, generalmente carsificadas, muy fosilíferas, con contenido principalmente de conchas bien preservadas, corales de especies actuales y, ocasionalmente, biohermos. Los bolsones cársicos se encuentran en ocasiones rellenos por una fina mezcla carbonático-arcillosa-ferruginosa, de color rojo ladrillo. Pasan a biocalcarenitas, de granulometría y estratificación variables o masivas. En mayor o menor cantidad, contienen fragmentos de sedimentos terrígenos, que incluyen calizas preexistentes. Es frecuente encontrar variaciones litofaciales y biofaciales. En general, la cementación es variable y en su superficie presenta un casquete recristalizado de evaporita y caliche combinados, de 1 a 2 m de espesor, por

debajo del cual, en ocasiones, la roca aparece desintegrada, convertida en un material terroso. La coloración predominante es blancuzca, rosácea o amarillenta. En esta formación predominan las facies de playa, postarrecifal y arrecifal. Su espesor probablemente excede de los 10 m.

1.4.2 Tectónica

La región estudiada se encuentra ubicada en el denominado megabloque Camagüey–Maniabón en el que se destaca uno de los marcos estructurales más complicado del país. En el área de los trabajos se destaca una tectónica muy compleja caracterizada por mantos de cabalgamiento de dirección sublatitudinal y por estructuras menores imbricadas que provocan el carácter escamoso de toda la secuencia (Labrada. 2008). En el área es posible distinguir tres pisos estructurales, de ellos en el primer piso estructural, donde se encuentran los mantos de cabalgamiento del Cretácico Inferior-Eoceno Medio, aparecen rocas de todos los complejos litológicos excepto el terrígeno (carbonatado y el de los depósitos friables). Este primer piso estructural está constituido por las serpentinitas y las formaciones Iberia, La Jíquima, Haticos y Tinajita. Es una mezcla caótica de todas las formaciones. Los mantos tienen orientación sublatitudinal con inclinación ocasional de su dirección hacia el sureste. (Carralero. 2006)

El piso está caracterizado por la existencia de dos sistemas de fallas, el primer sistema con dirección N-NE, está conformado por fallas rectilíneas (de ángulo abrupto) con inclinación predominante al SE, es de los dos sistemas el más importante del área. El segundo sistema con dirección N-NW, presenta fallas de ángulo abrupto que son interceptadas por el primer sistema, lo cual demuestra su carácter primario referente a éste. Es de poca manifestación y predomina fundamentalmente hacia el oeste y este de la zona.

En el segundo piso estructural se observan las formaciones jóvenes. Este piso está constituido por las formaciones Vigía, Camazán, Jagüeyes. Cubre con una clara discordancia estructural al primer piso y está afectado por dos sistemas de

fallas de con dirección N-NE y N-NW, muy espaciadas entre sí. En sentido general la tectónica del piso es muy sencilla.

El tercer piso estructural de los sedimentos no consolidados tiene muy poca manifestación en la zona y se localiza fundamentalmente hacia la parte norte. Está constituido por materiales aluviales en el cauce de los ríos y sus llanuras de inundación. Aparece formando parte de este piso la secuencia carbonatada de la Formación Jaimanitas ateniendo a su edad, aunque propiamente no es una secuencia friable. (Labrada. 2008)

La región de estudio es sumamente complicada desde el punto de vista tectónico. Vestigios del fallamiento por el emplazamiento del complejo ofiolítico, se observan en los límites tectónicos de las diferentes litologías. Por su parte los procesamientos de imágenes realizados a las fotos cósmicas y a los mapas morfométricos, han dado como resultado un cuadro tectónico donde predominan las fracturas NS, siendo observada la fracturación primaria muy tenuemente, con excepción de la E-W que queda mejor marcada. (Englemann 1956)

El agrietamiento tiene una distribución muy peculiar en forma de zonas alineadas en la misma dirección de las fallas principales existentes. No existe una clara diferenciación de los diferentes complejos litológicos atendiendo a la densidad de la fracturación, excepto en las zonas bajas. Los máximos valores de la densidad de fracturación coinciden con las zonas de intersección de dos o más fallas principales o sistemas o de estas fallas con los mantos de cabalgamientos. Por supuesto los valores extremos de la densidad serán una función del tipo de roca y su edad. Las rocas jóvenes del Eoceno Superior en adelante tienen un valor bajo en general. (Blanco 1994)

1.4.3 Geomorfología

La zona de los trabajos se encuentra ubicada en las regiones físico-geográficas de la Llanura de Camagüey al norte y las alturas del Grupo de Maniabón al sur (Labrada. 2008).

El relieve del área en general es accidentado con formas colinosas y alturas que raramente rebasan los 200 m, hacia el norte es suave, afectado por pequeñas elevaciones colinosas que no sobrepasan los 18 m de altura. En la zona hay un amplio desarrollo el carso.

La red hidrográfica presenta dos vertientes, una hacia el norte y otra hacia el sur. La vertiente norte es pobre, caracterizada principalmente por la existencia de corrientes de poco caudal y de cursos intermitentes que drenan durante el período húmedo, se destaca el río Samá y los arroyos Río Seco y Arroyo Seco. En la vertiente sur, la red fluvial es más importante, se distinguen los ríos Tasajeras, Banes, Cortaderas, Jagüeyes, así como varios arroyos de cursos intermitentes.

Estas corrientes se van organizando en el sentido de la pendiente provocando una erosión relativamente rápida de estas rocas homogéneas muy fracturadas y meteorizadas; dando lugar al lavado de las pendientes y la acumulación de estos materiales erosionados en los canales de las corrientes. (Vidal 2005)

1.4.4 Hidrogeología

Atendiendo al comportamiento de la gran variedad de rocas y sedimentos presentes, las características hidrogeológicas serán ofrecidas según los diferentes complejos acuíferos que aparecen en la región. Tomado de la Regionalización Hidrogeológica de la provincia Holguín por Constantino De Miguel Fernández. (De Miguel 2005).

1. Complejo acuífero de los sedimentos costeros: se extienden por toda la costa norte de la provincia. Está constituido por la Formación Jaimanitas y los depósitos de arenas calcáreas de las playas.
2. Complejo acuífero de los sedimentos aluviales: Aparece en la parte central de las cuencas hidrográficas principales, extendidos de norte a sur, acuñándose en esa dirección. Posee alta capacidad acuífera. Alimentado directamente por las aguas fluviales, con las que mantiene una estrecha relación.

3. Complejo acuífero de las secuencias terrígenas - carbonatadas: Constituido por las formaciones Camazán y Jagüeyes. Desarrollado sobre margas, con baja acuosidad.
4. Complejo acuífero de las secuencias vulcanógeno-sedimentarias: Representado por las formaciones Vigía e Iberia. Las rocas más acuíferas son los aglomerados y brechas, con aguas fisurales e intersticiales, las menos acuíferas las vulcanitas.
5. Complejo acuífero carbonatado: Representado por las formaciones Tinajita y Jaimanita. Las rocas más acuíferas son las calizas agrietadas y carsificadas.
6. Complejo acuífero de las rocas ofiolíticas: Representado por los macizos ultramáficos serpentinizados, las aguas son fisurales.

Los parámetros que caracterizan cada uno de estos complejos, como son el coeficiente de filtración (Kf), el caudal (Q) y la profundidad de yacencia (Py) de las aguas, se muestran en la tabla (1.1).

#	Complejo acuífero	Kf (m/d)	Q l/s	Py (m)
1	Sedimentos costeros	268.4	14	1-6
2	Sedimentos aluviales	13-290	2-53	1-5
3	Secuencias terrígenas-carbonatadas	1.7	0.7	1
4	Secuencias vulcanógeno-sedimentarias	0.5-2	1-2.8	1-7
5	Carbonatado	28	-	15
6	Rocas ofiolíticas	1-14.7	1.2-4	1.5-12

Tabla 1.1 Parámetros Hidrogeológicos.

1.4.5 Procesos físico-geológicos predominantes en la región.

Los procesos y fenómenos físico-geológicos presentes en la región son por orden de importancia: el carso, la erosión y la meteorización que actúa fundamentalmente sobre las rocas del complejo ofiolítico, desarrollando incipientes cortezas de meteorización, aunque en ocasiones esta corteza puede tener importancia local.

La erosión se desarrolla fundamentalmente en las zonas elevadas ubicadas en las partes centrales como consecuencia de la acción de las aguas pluviales y el alto

grado de deforestación existente, el fenómeno provoca degradación en los suelos y por ello perjuicios importantes en la producción agrícola. (Englemann 1956)

El carso tiene una gran importancia dentro de toda la zona de trabajo fundamentalmente en la zona costera donde se desarrolla un carso de esencialmente de tipo superficial sobre la llanura costera en los diferentes niveles de terrazas. Hacia el interior se desarrollan estructuras de tipo mogote como forma superficial y en estas formas subterráneas como las cavernas, aunque estas no son de grandes dimensiones.

Los deslizamientos de tierra, el empantanamiento y otros fenómenos físico-geológicos deben ser estudiados con carácter local, ya que su presencia depende de factores puntuales como la pendiente y el nivel de las aguas subterráneas entre otros (Carralero 2006).

1.5 Conclusiones.

A lo largo del capítulo uno se aprecia la riqueza de esta área costera de Banes y la bahía de Nipe, con situaciones complejas, desarrollo de carso, actividades económicas propias de la zona como son el turismo, la pesca y agricultura, la presencia de enormes tesoros arqueológicos, fuente de conocimiento acerca de nuestros antepasados en la isla. En lo referente a trabajos anteriores desarrollados en la región se notó la escasez de información, lo cual es un escollo en la presente investigación. Se analizaron las características geológicas de la región, esto será de utilidad en los próximos capítulos.

Capítulo 2: Materiales y métodos empleados en la investigación.

1. Introducción.
2. Etapas de la Investigación.
3. Principios teóricos y métodos de análisis.
4. Procesamiento de la Información.
5. Conclusiones.

2.1 Introducción

En el presente capítulo se recoge el volumen de los trabajos realizados en el levantamiento geomorfológico del municipio de Banes para la confección del mapa geomorfológico a escala 1: 100 000 el cual se dividió en tres etapas fundamentales (Preliminar, Experimental y Representación e Interpretación de la Información) según la evolución de los trabajos realizados. Este capítulo se basó en la Metodología y leyenda para la confección del mapa geomorfológico de la república de Cuba a escala 1:25.000, de la empresa Geocuba Oriente Norte (Labrada 2016) y en la normativa dominicana.

2.2 Etapas de la Investigación

2.2.1 Etapa preliminar

Después de ser definida el área de trabajo, se encaminaron todos los esfuerzos a la recopilación de la información que tuviera alguna relación con el área de estudio o con el tipo de investigación que se llevaría a cabo. Se desarrolló una búsqueda en la biblioteca del Instituto Superior Minero metalúrgico de Moa, así como en las memorias de los congresos de Geología y Minería realizados con anterioridad y en el fondo geológico del departamento de geología, además se realizó una búsqueda detallada en internet y sitios especializados. La información obtenida se extrajo básicamente de trabajos de diploma; tesis de maestrías y doctorados; así

como de revistas especializadas; informes técnicos proporcionados por la empresa Geocuba Oriente Norte y libros relacionados con el tema. Se obtuvieron datos no solo sobre el área de estudio, sino que además obtuvimos los principios básicos para desarrollar teóricamente la investigación. Las tareas llevadas a cabo en esta etapa se muestran a continuación.

Búsqueda, selección y procesamiento de la información disponible:

- Recopilación de trabajos precedentes vinculados al área de estudio o que tuvieran alguna relación con el tema en cuestión.
- Base topográfica del área de estudio para la confección del Modelo Digital del Terreno (MDT).
- Mapa geológico de la zona y otros mapas temáticos existentes.

Mapa geológico y otros mapas temáticos existentes: ofrecieron una información preliminar del área de estudio el Mapa Geológico (*Anexo 1*) donde se identificaron las principales características litólogo-estructurales del municipio; la carta topográfica de Banes, la cual orientó durante la descripción de los mapas morfométricos; el Mapa de zonación sísmica de la región Oriental (*Anexo 3*) en el que se evidencia que el área de estudio es de un riesgo sísmico bajo, y el Mapa de regionalización climática de la provincia de Holguín, según la norma climática de 1981-2010 (*Anexos 4 y 5*).

2.2.2 Etapa experimental

En esta etapa se llevó a cabo el análisis, procesamiento e interpretación de la información disponible. Se confeccionó el modelo digital del terreno (MDT) a partir de la base topográfica del mismo, esto permitió obtener mapas auxiliares de la zona tales como: mapa de pendiente, hipsométrico, de disección vertical y horizontal, densidad de drenaje e isobasitas de grado II, III y IV, estos mapas se

califican también como índices morfométricos del terreno, los cuales son fundamentales en los estudios geomorfológicos.

Desde el punto de vista del método de modelación se utilizó el Krigging, el cual es un método geoestadístico que logra un correcto ajuste del modelo matemático a partir de los variogramas del sector estudiado, la generación se realiza punto a punto y en el análisis se tienen en cuenta en su vecindad los puntos del relieve y las líneas estructurales de este. Otro de los modelos empleados es el de las superficies móviles que ajusta cada punto a la ecuación general de los paraboloides con una función de ponderación en dependencia de los puntos muestras y los puntos a determinar, todo ello con técnicas de búsqueda y validación. El MDT se obtiene de esta forma, utilizando los modelos enunciados, como una regularización del mapa topográfico (Labrada 2016).

Para el procesamiento de los mapas de pendiente, disección vertical y horizontal, isobasitas de orden II, III y IV, red fluvial y altimetría se utilizaron disimiles programas informáticos tales como: AutoCad, Surfer y PSF. A continuación se muestran las tareas echas en esta etapa de manera simplificada, las cuales fueron llevadas a cabo para realizar el mapa geomorfológico del municipio Banes a escala 1: 100 000.

Realización del mapa:

- Análisis de la información previa.
- Lectura del mapa geológico.
- Localización morfoestructural.
- Procesar e interpretar el relieve.
- Evaluación y selección de la información geólogo-geomorfológica a insertar en el mapa prototipo.
- Transferencia de los datos plasmados en el estudio geológico a una base topográfica.
- Elaboración e interpretación de los mapas auxiliares.

- Digitalización y tratamiento informático.

2.2.3 Representación e interpretación

En la presente etapa se analizaron, interpretaron y revisaron los resultados obtenidos en la etapa experimental del proyecto, con el objetivo de una mayor comprensión de los procesos geomorfológicos operantes en el relieve del municipio de Banes. También en esta fase se redactó la memoria explicativa, así como la confección del mapa resultante y la posterior edición del mismo; a continuación se observa de forma resumida las tareas llevadas a cabo en la presente etapa del proyecto de la construcción del mapa geomorfológico a escala 1: 100 000 del municipio Banes.

Elaboración de la Memoria y edición:

- Confección del Mapa Geomorfológico.
- Redacción de la Memoria explicativa.
- Edición.

En el siguiente esquema (Figura 2.1) se muestra el flujo llevado a cabo en las tres etapas de la investigación de forma simplificada, partiendo de la búsqueda de la información hasta la elaboración de la memoria y edición.

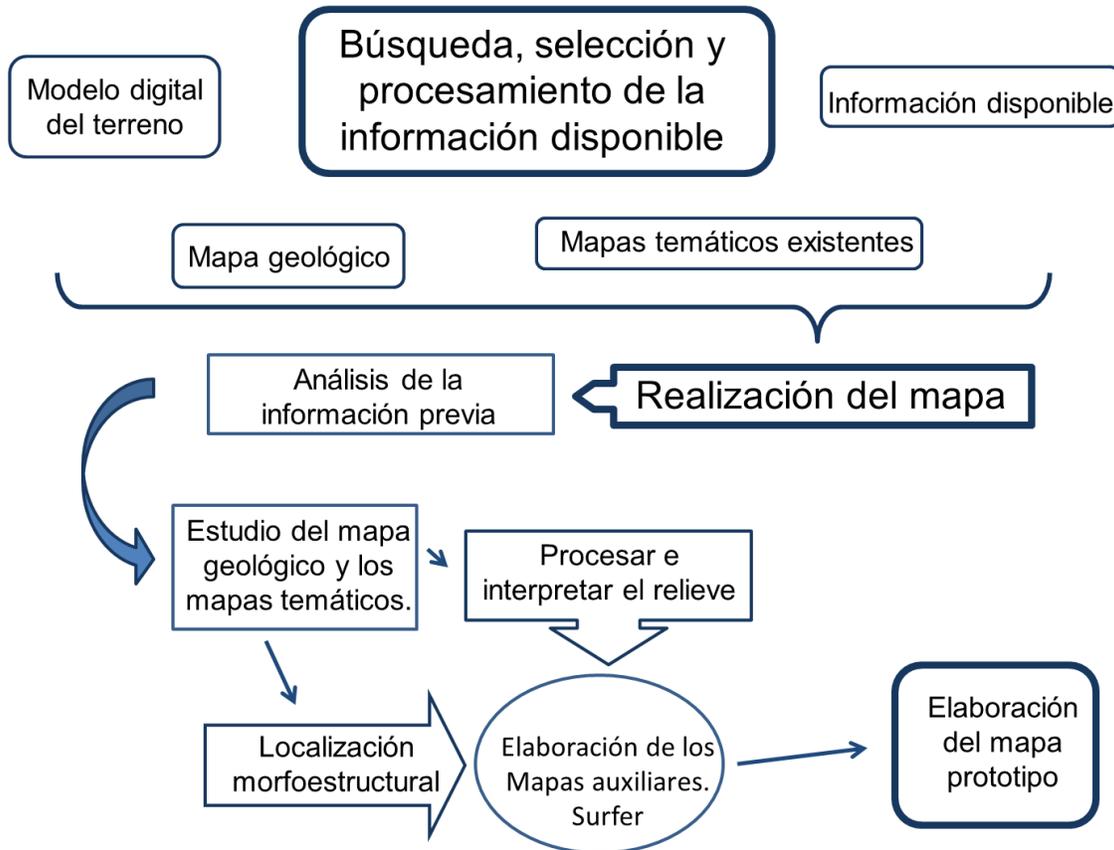


Figura 2.1 -Esquema del flujo de la investigación.

2.3 Principios teóricos y métodos de análisis

En el desarrollo de la investigación fue necesario apoyarse en una serie de conceptos preestablecidos a lo largo de la historia de la geomorfología que son muy importantes para realizar una correcta interpretación de la información con que se cuenta y así alcanzar el objetivo fundamental de este trabajo, el cual consiste en la confección del mapa geomorfológico del municipio de Banes a escala 1: 100 000.

El relieve es un objeto complejo, variado, en el que se pueden distinguir diversos aspectos como la morfología, la génesis, la edad, la dinámica de su evolución, es decir, los llamados índices geomorfológicos. El conocimiento integral del relieve

solo puede lograrse mediante un proceso de abstracciones, que permita ir estudiando por separado cada uno de esos aspectos. (Seco 2000)

Los métodos de análisis del relieve son los que permiten el estudio por separado de sus aspectos componentes, para alcanzar el conocimiento de este componente del medio natural. Los fundamentos científicos de cada método fueron tomados del libro de Geomorfología del Doc. Ricardo Seco y del Folleto de geomorfología de la Dr. Alina Rodríguez Infante, entre otros autores que trataron el tema. De los métodos utilizados en el presente trabajo se aborda a continuación.

Los principales métodos utilizados para la obtención de los mapas se describen a continuación, siendo imprescindible aclarar que algunos de estos se obtuvieron a partir del procesamiento digital del MDT con softwares que realizan estos mapas a partir de la digitalización de los mapas topográficos. Dentro de los mapas que se obtuvieron están el de red fluvial, isobasitas de orden II, III y IV, pendiente, disección vertical y horizontal, para la presentación de los resultados la escala 1: 100 000.

Método morfológico.

Las principales tareas que se realizaron para llevar a cabo el análisis morfológico de la región fueron:

- El estudio de las formas, dimensiones y límites de los elementos del relieve.
- Establecer las relaciones entre los diferentes elementos y formas del relieve en el área; el carácter de sus asociaciones y su forma de disposición espacial; el estudio de los alineamientos y de las regularidades de su distribución; el análisis de las redes de drenaje.
- El estudio del grado de desmembramiento e inclinación de la superficie terrestre.

Este método permite obtener valiosa información del relieve, fundamental para el conocimiento de otros aspectos del mismo pues se basa en la relación existente entre la dinámica actual y el aspecto externo del relieve. Las formas más dinámicas presentan una morfología más resaltante. (Seco 2000)

Este método morfológico es indispensable para el desarrollo de otros métodos tales como el morfoestructural y el morfodinámico, los cuales también fueron utilizados en la presente investigación. Los rasgos morfológicos tienen una estrecha relación con la actividad neotectónica y la estructura de la corteza terrestre. (Seco 2000)

Método morfodinámico.

Este método permitió el estudio de la actividad actual de los procesos exogenéticos. Comprende no solo la identificación del tipo de proceso, sino también la cuantificación de su acción (velocidad de disolución de las rocas, velocidad del retroceso de un acantilado marino, movimiento de avance de las dunas y velocidad de la erosión remontante de barrancas y cárcavas). (Seco 2000)

Este análisis de la dinámica actual del relieve abarca un gran conjunto de métodos que dividimos en dos grupos, los expedicionarios y los estacionarios. Esta investigación se apoyó más en los métodos expedicionarios de observación indirecta.

Métodos expedicionarios de investigación de la dinámica actual del relieve: estos pueden ser de observación directa e indirecta. Los de observación indirecta que se usan en este proyecto son los geológicos, morfológicos, cartográfico y teledetección. (Rodríguez 2000)

Método morfoestructural

Tiene como objetivo el determinar las relaciones entre el relieve y la estructura geológica. El análisis morfoestructural se centra en las morfoestructuras, que son las formas del relieve de variado tamaño que se relacionan con la actividad de los procesos endógenos y que han sido modificadas en mayor o menor grado por la acción de la exogénesis.

Las principales tareas llevadas a cabo para el desarrollo de este método fueron:

1. Análisis de las principales dislocaciones disyuntivas y su relación con las formas del relieve.

2. Estudio de las relaciones entre los elementos del relieve y los tipos de rocas; el rol de la litología en la formación del relieve.
3. Establecimiento de las relaciones entre las estructuras geológicas y el relieve: clasificación de las morfoestructuras. (Cárdenas 2014)

Para llevar a cabo el análisis estructural del área de estudio existen diferentes técnicas cartográficas, y de análisis de la información geológica y geofísica, estas técnicas encaminan hacia el objetivo al de la investigación.

Técnicas utilizadas en el método morfoestructural.

Cartográficos: El análisis de los mapas topográficos y la elaboración de índices morfométricos es una herramienta fundamental del análisis morfoestructural. El origen y evolución de las morfoestructuras están controlados por el régimen neotectónico, que a su vez se refleja en la morfología del relieve, ello justifica la validez de los métodos morfométricos. El análisis de la red fluvial y de la morfología fluvial (perfiles longitudinales y transversales así como terrazas) es otra importante tarea que se resuelve mediante el trabajo con el mapa de red fluvial o densidad fluvial, el cual fue obtenido en el programa informático Surfer. (González 2005)

Análisis de la información geológica: La información geológica es fundamental para el análisis morfoestructural, puesto que con ella se pueden conocer los diferentes tipos de estructuras geológicas existentes en el territorio de estudio, así como las características de los movimientos tectónicos más recientes, todo lo cual es esencial para reconocer la morfoestructuras. (Cárdenas 2014)

2.4 Procesamiento de la Información

Este epígrafe refleja el proceso llevado a cabo para tratar la información digital, partiendo de la confección del MDT hasta la edición del mapa geomorfológico a escala 1: 100 000.

Modelo Digital del Terreno (MDT): confección del Modelo Digital del Terreno: este fue proporcionado por la empresa Geocuba Oriente Norte. Como material de

partida para el resto del trabajo, el MDT constituye sin dudas el más importante, pues de él depende el procesamiento del relieve para la obtención de morfoalineaciones y de las variables morfométricas principales, así como para la creación de los mapas de isobasitas, pendiente, altimetría, disección horizontal y vertical y red fluvial. Para la creación del modelo los trabajadores de la empresa Geocuba Oriente Norte partieron de la vectorización de las imágenes escaneadas de las capas originales del relieve e hidrografía correspondientes a cada una de las cartas topográficas del área, ello garantiza que no exista distorsión en el material primario. La georeferenciación de estas capas se realiza con el AutoCad utilizando los módulos Cad Overlay y Cd 25000. Este último, elaborado por Geocuba, contiene el marco geográfico de todas las cartas topográficas del territorio nacional. Ambos módulos en su conjunto permiten visualizar y cuantificar los errores del proceso por lo que se pueden rectificar los mismos hasta niveles permisibles. Sin dudas este proceso de georeferenciación ofrece los mejores resultados. (Labrada 2008)

La asignación de las cotas a las curvas de nivel es un proceso tedioso, pero que necesita de una comprobación continua hasta la completa seguridad de que no existen errores, lo cual se logra a través de la generación y comprobación del fichero *.grd obtenido, con las curvas digitalizadas y con el programa "revisa" que indica las series (curvas) que es necesario rectificar. La precisión del trazado de la red de drenaje y su ordenamiento, cuando se trata de investigaciones con fines geológicos, es fundamental pues cuando se asigne cota a los ríos a través del software Cot-ríos, sus resultados dependerán de la calidad en el trazado con respecto a las curvas de nivel y en las intersecciones con otros elementos de la red. El programa revisa permite la rectificación de estos problemas. Mientras exista algún error en la cota asignada a los ríos o en las curvas el modelo no será confiable y por ello no podrá ser generado (*Anexo 7*).

La descripción anterior abarca los aspectos más generales de la creación de los MDT, pues a lo largo del proceso aparecen dificultades que sólo son solubles sobre la base de la experiencia del personal y para las cuales se cuenta con las

herramientas automatizadas necesarias, así como otros procesos indispensables como el blanqueo de determinados elementos. El modelo generado debe coincidir en su totalidad con el relieve vectorizado para asegurar la excelencia en el trabajo realizado (González. 2005). Resaltar la dedicación de los compañeros y compañeras de la empresa Geocuba Oriente Norte por el impecable trabajo que hicieron en la generación del Modelo Digital del Terreno.

Una vez obtenido el Modelo Digital del Terreno (MDT) se comienza a generar los mapas secundarios que son necesarios para la obtención del mapa resultante o primario, en este caso en particular el mapa geomorfológico, estos mapas secundarios son el mapa de pendientes, isobasitas de orden II, III y IV, mapa de red fluvial o densidad de drenaje, mapa hipsométrico y mapas de disección vertical y horizontal. Los pasos llevados a cabo para la realización de cada uno de estos mapas secundarios serán expuestos y descritos a continuación con detalle.

Mapa de pendiente: a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) proporcionado por la empresa Geocuba Oriente Norte en formato (.grd), se introdujo en el software Surfer y con la ayuda de los programas informáticos PSF se generó el mapa de pendientes de la zona de estudios. En el software Surfer se le introdujeron los parámetros requeridos (escala de colores, leyenda, escala y norte).

Este mapa consiste en la representación areal de la variación de los valores de pendiente de un sector de la superficie. Este mapa al igual que el mapa de isobasitas se obtuvo a partir del procesamiento digital del MDT, por lo que se describen los principios básicos de confección del mismo. Para la confección del mapa se partió del criterio de que áreas con separación similar de las curvas de nivel presentan iguales valores de inclinación, por lo cual la primer tarea consiste en separar los sectores del mapa con comportamiento similar de las mismas, determinando para cada sector los valores de pendiente que le corresponden en dependencia del espaciamiento entre curvas según la fórmula:

$$\alpha \tan = eh \Delta$$

Dónde:

- α : Angulo de pendiente.
- $h \Delta$: Desnivel o separación vertical entre curvas.
- e : Espaciamiento horizontal entre curvas.

Para facilitar el trabajo de confección del mapa se establece en la etapa inicial los intervalos o rangos de pendientes con los cuales se va a trabajar en dependencia de los objetivos que se persigan. Para el cálculo de estos valores hay que tener en cuenta la escala del mapa con que se está trabajando y el espaciamiento vertical entre las curvas para el mismo. Ya con las áreas seleccionadas y midiendo los valores medios de separación entre las curvas de nivel se procede a determinar el rango al cual pertenece cada sector (González. 2005).

Una vez confeccionado el mapa de pendientes procedimos a implementarle la clasificación a utilizar en los trabajos. Se le fue asignado al mapa de pendientes la clasificación de Demek del año 1972 (tabla 2.1)

Categoría (º)	Término de pendiente
0 - 2,0	Plana (planicie)
2,0 - 5,0	Ligeramente inclinada
5,0 - 10,0	Medianamente inclinada
10,0 - 15,0	Muy inclinada
15,0 - 35,0	Fuertemente inclinada
35,0 - 55,0	Abrupta
55,0 - 90,0	Vertical

Tabla 2.1 Clasificación de Demek.

Mapa de isobasitas: primeramente a partir del MDT (Modelo Digital del Terreno) y utilizando Surfer y los PSF se generan a partir de la red fluvial los mapas de isobasitas de orden II, III y IV. Luego en el software Surfer se implementan los parámetros requeridos (colores, escala, leyenda y norte). Las isobasitas de segundo orden se obtienen procesando en el Surfer la red correspondiente en formato *.bln. Generalmente el sistema de interpolación Krigging no ofrece buenos resultados, siendo necesario utilizar otros sistemas como el de “mínima curvatura” o “distancia invertida”. Mientras mayor es el orden de los ríos más difícil es el

proceso de interpolación pues decrece la cantidad de elementos en la base de datos. (Labrada 2016)

El proceso de preparación del mapa de tercer orden de isobasitas es similar al del segundo orden. El mapa de isobasitas de tercer orden tiene una apariencia bastante similar al de segundo orden. En particular se destaca una zona de cierres positivos en todo el sector que se encuentra aproximadamente limitado por la divisoria regional del norte del oriente cubano.

Al igual que para la confección de las isobasitas de cuarto orden, este tiene una apariencia con respecto al de tercer y segundo orden solo en los demás mapas se le da continuidad a las morfoestructuras que comienzan su levantamiento en esta etapa, también posee una zona de cierres positivos hacia el NE del mapa.

Estos mapas marcarán los niveles de base de erosión de los ríos de un determinado orden, el cual va a estar dado por el tiempo de su formación, denominándose primer orden a los ríos más jóvenes o de última formación y sucesivamente serán más viejos a medida que el orden sea mayor, de esta forma los cauces de primer orden serán aquellos que no reciben agua de ningún otro tributario es decir, son los primeros canales en encausar las aguas, más conocidos por cárcavas y cañadas. La unión de dos cursos de primer orden dará lugar a la formación de un curso de segundo orden y así sucesivamente, ahora bien, cuando se unen dos cursos de órdenes diferentes se mantiene el orden del superior. (Rodríguez 2000)

Después de confeccionado el mapa de órdenes, se superpone el mismo al mapa topográfico, buscándose los puntos de intersección de los ríos de un orden determinado con las curvas de nivel, poniéndose en esos puntos los valores de la cota topográfica. Después de marcados todos los puntos se unen con líneas rectas o curvas los puntos de igual valor. Estos mapas se construyen para los ríos de segundo orden en adelante, pues los del primer orden darían como resultado final un mapa similar al topográfico actual.

Mapa de red fluvial: en el programa Autocad se cortan los ríos capa a capa de la hoja topográfica, según el orden de estos, se digitalizan y se extraen en un fichero

*.bln. En Surfer se introduce el fichero generado y se conforma el mapa de red fluvial.

Este mapa se confeccionó para determinar el comportamiento de la red de drenaje tanto en tipo y densidad. El drenaje de cualquier región de la superficie terrestre está condicionado por varios factores, dentro de los cuales los más importantes son el clima, la litología, la topografía y las condiciones estructurales del terreno, los que permitirán utilizar la información de estos mapas en la valoración geológico tectónica de la zona y en la proyección de las construcciones. (Labrada 2008)

Para la confección del mapa de red fluvial se parte del sistema de ríos y tributarios representado en el mapa topográfico, tanto en sus cauces permanentes como temporales, después de lo cual se procede al trazado de todas las cárcavas y afluentes que quedan inferidas por las curvas de nivel hasta llegar a los extremos más elevados de la red fluvial tanto en su cabecera como en los márgenes de la cuenca. Después de trazada la red, el objetivo fundamental está en la determinación de las principales alineaciones que pueda presentar la red, las anomalías en el comportamiento del drenaje así como las variaciones en la densidad del mismo. (Labrada 2016)

Mapa hipsométrico: se generó a partir del MDT, se le asignaron los valores de altura correspondientes y se le sobrepuso el mapa de sombras, se agregó algo de transparencia al de sombras y quedó conformado el mapa hipsométrico del área de estudio.

Dándole paso al mapa de sombras este se genera directamente del MDT (Modelo digital del terreno), es un instrumento clave para visualizar y apreciar las formas del terreno, se genera con las herramientas del software Surfer. La sombra constituye un elemento importante para resaltar los rasgos del relieve. Mediante el efecto del sombreado se logran visualizar los diferentes complejos litológicos a través de sus texturas características además de su marcado carácter estructural, al dar una mejor visión del relieve, sin pasar por alto los efectos de deformación que provoca, pues los límites estructurales por supuesto no quedan bien definidos espacialmente, por lo que se aplica el análisis en conjunto por varias direcciones

que permite atenuar estos desplazamientos. (Ing. Norberto Díaz Rivero and Chapman. 2012)

Señalar que la clasificación usada en el mapa hipsométrico es la de Lilienberg (tabla 2.2). (Lilienberg 1973)

Niveles Morfoestructurales	Categoría morfoestructural	m.s.n.m
Montañas	Medianas	1200,0 - 2000,0
Montañas	Bajas	700,0 - 1200,0
Montañas	Pequeñas	400,0 - 700,0
Montañas	Premontañas	120,0 - 400,0
Llanuras	Llanuras	0 - 120,0

Tabla 2.2 Clasificación de Lilienberg.

Mapa de disección vertical: este mapa representa el grado en que las corrientes fluviales han desgastado la superficie terrestre y la han ido aplanado con respecto a los movimientos positivos del relieve: tectonismo y vulcanismo. En efecto, la disección vertical del relieve también brinda información sobre aquellos movimientos que elevan los bloques de la corteza terrestre formando cadenas montañosas, cordilleras y volcanes (Seco 2000). Este índice se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$Dv (m/km^2) = \text{cota mayor (m)} - \text{cota menor (m)} / 1 \text{ km}^2$$

Para la construcción de este mapa partimos del MDT (Modelo Digital del Terreno), en el software Surfer y con la aplicación de los PSF; añadimos la escala de colores, la leyenda, el norte y la escala. Para describir el tipo de relieve se utilizó la tabla 2.3 tomada de la Metodología de Geocuba para la construcción del mapa geomorfológico del territorio nacional. (Labrada 2016).

Tipo de relieve (descripción)	Grado de disección (m/km ²)
Llanuras planas débilmente diseccionadas	< 2,5
Llanuras onduladas ligeramente diseccionadas	2,5 - 5,0
Llanuras onduladas medianamente diseccionadas	5,0 - 10,0
Llanuras onduladas fuertemente diseccionadas	10,0 - 15,0
Llanuras colinosas ligeramente diseccionadas	15,0 - 20,0

Llanuras colinosas medianamente diseccionadas	20,0 - 30,0
Llanuras colinosas fuertemente diseccionadas	30,0 - 40,0
Lomeríos y colinas ligeramente diseccionados	40,0 - 60,0
Lomeríos y colinas medianamente diseccionados	60,0 - 80,0
Lomeríos y colinas fuertemente diseccionados	80,0 - 100,0
Montañas ligeramente diseccionadas	100,0 - 250,0
Montañas medianamente diseccionadas	250,0 - 500,0
Montañas fuertemente diseccionadas	> 500,0

Tabla 2.3 Disección vertical

Mapa de disección horizontal: Ricardo Seco (2000) geomorfólogo cubano, sostiene que este índice morfométrico es una fiel expresión del grado de desmembramiento de la superficie terrestre causado por la acción de las corrientes de agua superficiales. Otros autores como Derruau y Summerfield lo denominan Densidad de Drenaje y es un índice muy utilizado en los estudios de hidrología de superficie. En el caso del estudio del paisaje también es muy útil pues es un criterio a tomar en cuenta para la identificación de los tipos genéticos del relieve. (Pérez 2012)

El cálculo de este índice implica la utilización de la siguiente fórmula: $D_h = \sum l / A$

Dónde:

- D_h : disección horizontal del relieve
- $\sum l$: longitud total de la red hidrológica (en km)
- A: área de la superficie (en km²)

Para poder construir la cartografía correspondiente de este mapa de disección horizontal se utilizó la misma metodología que para el mapa de disección vertical, en el software Surfer con la aplicación de los PSF. En la siguiente tabla 2.4 tomada de Priego-Santander (1987) se muestra la clasificación utilizada en este mapa.

Tipo de disección horizontal (descripción)	Grado de disección horizontal (km/km ²)
Muy suavemente inclinado	< 0,3
Suavemente diseccionado	0,3 - 1,0
Ligeramente diseccionado	1,0 - 2,0

Ligera a medianamente diseccionado	2,0 - 3,0
Medianamente diseccionado	3,0 - 4,0
Fuertemente diseccionado	4,0 - 5,0
Muy fuertemente diseccionado	> 5,0

Tabla 2.4 Clasificación de Priego-Santander (1987).

Tipos de relieve: para clasificar el relieve en el área de estudio se usó la clasificación usada en el capítulo Relieve del Nuevo Atlas Nacional 1989, esta clasificación divide los tipos de terrenos en tres: montañas, alturas y llanuras, clasificación para mapas hipsométricos de Lilienberg 1973.

Montañas: son grupos aislados separados por llanuras, mayores de 300 m de altura, entre estas entran las submontañas y premontañas entre 300 y 500 m, son las que están presentes en la zona estudiada. Cada una de estas tres divisiones se subdivide en tipos genéticos y por la edad, en la presente investigación solo se citarán las utilizadas. Se determinó en el sector solo un tipo genético de montañas, entra dentro de la categoría de submontaña o premontaña. Montañas tectono-litológicas, son bloques de plegamiento y monoclinales, corresponden a los levantamientos neotectónicos intensos posteriores al Mioceno Inferior, que elevaron fragmentos de la corteza neoautoctona, donde se forman mesetas, mesas y buttes carsificados. Posee estructuras plegadas subhorizontales antiguas del relieve diseccionado en formas de cuchillas y aplanado en forma de mesetas con amplias superficies de nivelación carsificadas. Estas alcanzan una altura entre 200 y 300 m (Oliva 1989).

Alturas: en el Nuevo Atlas Nacional se encuentran las alturas divididas por la génesis y la edad en tres grupos, de estos se señalaron dos en la zona de estudio, las tectono –erosivas y las litólogo-estructurales. En las alturas tectono –erosivas el papel genético fundamental es de carácter endógeno-activo, están considerablemente transformadas por los procesos morfogenéticos. Estas se originan principalmente sobre las rocas cristalinas y masivas que se denudan con facilidad. Por su parte las alturas litólogo-estructurales son alturas residuales originadas por la erosión diferencial en las que a veces se expresa su estructura

interna. Se elevan unas decenas de metros sobre las llanuras denudativas que las rodean y sus niveles son los relictos de estas. Alturas monoclinales aterrazadas carsificadas, esta es una categoría agregada por el autor, entran en el rango de alturas, una superficie que sobresale del terreno circundante, pero presenta rasgos de terraza marina, como son la similitud con la línea de costa, pero la disección vertical es muy elevada y tiene poca disección horizontal y la densidad de los cauces disminuye en esta zona, lo cual en conjunto con la formación sobre la cual está enclavada (Fm. Júcaro) ofrece criterios para su clasificación dentro de las zonas carsificadas.

Llanuras: corresponden a las zonas de ascensos más débiles o de descensos relativos, poseen amplitudes inferiores a 100 m y solo en la parte central del archipiélago alcanzan hasta los 280 m sobre el nivel del mar. Según el factor genético se distinguen dos tipos de llanuras, las marinas en la periferia de la isla y los cayos y las fluviales hacia el interior.

Llanuras marinas: son superficies aterrazadas desde el nivel del mar hasta los 100-120 m, en el territorio se distinguen: las llanuras abrasivo y abrasivo-acumulativas, con superficies ligeramente onduladas y diseccionadas (20-40 m); las abrasivo-erosiva, estas son onduladas y alcanzan una altura de 80 m; las llanuras abrasivo-acumulativas planas parcialmente cenagosas y la abrasivo-planas, ambas de cinco a siete metros sobre el nivel del mar; en este rango también están las llanuras denudativas y denudativas erosivas, son colinosas, de zócalo con alturas entre los 100 y 120 m (Oliva 1989). Llanuras erosivo-acumulativas aterrazadas, modificación el autor, en esta se agrupan una serie de llanuras que se encuentran dispuestas en forma de terrazas, esta serie de llanuras van desde las denudativas-erosivas hasta las acumulativas planas, pero en una distancia tan pequeña, que quedan dispuestas en forma de terrazas, las cuales se forman porque el substrato está formado por calizas muy resistentes a la denudación (Oliva 1989).

Llanuras fluviales: solo se encuentran en una pequeña zona en forma de terrazas y son erosivas, altas y colinosas.

Mapa de morfoalineamientos: fue construido a partir de la digitalización en el programa Surfer de las alineaciones existentes en los mapas de pendiente, disección horizontal y vertical, isobasitas de orden II, III y IV, mapa de densidad fluvial y las fallas ya presentes en la zona y digitalizadas a partir del mapa geológico (*Anexo 1*). Todo esto se montó en el Surfer sobre el mapa geológico y se analizaron las zonas de contacto, muchas de estas alineaciones están vinculadas a estas zonas de contacto y a las fallas, pues la erosión fluvial, el mayor transformante del relieve, se mueve por estos sectores de debilidad. También se montó sobre el mapa Topográfico para observar si presenta desplazamientos en el relieve y de cursos de agua en los alineamientos señalados. En su confección final en el Surfer se le inserto la leyenda, la línea de costa, colores, escala y nombre del mapa. A través de este mapa se determinaron los morfoalineamientos de la zona, los cuales se muestran en el mapa geomorfológico resultante.

Mapa geomorfológico: Con la ayuda de softwares como Surfer, los PSF de la empresa Geocuba Oriente Norte, Autocad y otros, se llegó al mapa geomorfológico resultante de la hoja topográfica de Banes (*Anexo 2*). A continuación se explicará con detalle los elementos que aparecen en el mapa geomorfológico y el proceso llevado a cabo para su obtención.

Primeramente en el software Surfer se montó el MDT (Modelo Digital del Terreno) que proporcionó la empresa Geocuba Oriente Norte, a partir de él se extrajo un mapa de sombras, así se aprecian mejor las alineaciones, pendientes y accidentes del terreno. Señalar que el mapa de sombras no es un método morfométrico pero si es de gran ayuda en la comprensión del relieve (*Anexo 6*). Se montó sobre el mapa de sombras el mapa geológico de la zona (*Anexo 1*) quedando una superposición entre ambos mapas que brinda una idea acerca del tipo de relieve que predomina en cada formación y miembro del mapa, esto es importante especialmente en la determinación de las zonas con posibles desarrollo de carso, el tipo de llanura entre otros usos que se le da en correspondencia con los mapas auxiliares a usar.

Se digitalizaron las posibles zonas según la altura (Mapa hipsométrico), esto dio como resultado dos zonas que subdividimos al sobreponer el mapa geológico y ver las alineaciones que se formaban, estas alineaciones se corroboraron con los mapas de isobasas, quedando el nivel de ascenso que tienen los morfobloques del área de estudio, al comparar los mapas de isobasitas se aprecia la diferencia entre las áreas levantadas y resalta la diferencia entre las zona 1 y 2 señaladas en el mapa geomorfológico que se muestra en la figura 3.9. A partir del mapa de pendientes y el mapa de disección vertical se llegó a la conclusión que existen alrededor de siete terrazas marinas en la zona de Punta Ramón, se encuentra una en la parte norte sobre la ensenada de La hoya, y en la parte este de Punta Morales. Los depósitos palustres costeros fueron confeccionados con la interpretación del mapa geológico, la ayuda del Atlas Nacional, la carta topográfica de Banes (*Anexo 2*); con la ayuda de los mapas morfométricos de disección horizontal y vertical, así como en la red fluvial del área, esto dio como resultado los índices para determinar las zonas más propensas a tener depósitos palustres costeros. En esta zona la disección vertical tiene valores menores de 2.5 m/km^2 , lo cual la califica como llanuras débilmente diseccionadas. En el mapa de disección horizontal esta zona de depósitos palustres costeros tiene valores menores de $0,3 \text{ km/km}^2$, lo cual la pone en el rango de terrenos muy suavemente diseccionados, aquí la erosión lateral y horizontal es casi nula, esta región se pudiera calificar como una llanura planas acumulativas parcialmente cenagosas.

En el mapa aparecen también zonas de depósitos aluviales para determinarlas se usaron los mismos índices que con la zona de depósitos palustres; estas se desarrollan en los alrededores de los ríos de la zona, estos aunque tienen una gran disección horizontal van dejando con las inundaciones de los períodos de lluvias terrazas fluviales que se van compactando y esto forma los depósitos aluviales, aunque en el valle del río la disección horizontal es alta, no tiene mucho alcance, y la disección vertical no supera los 5 m/km^2 de disección, lo cual la califica dentro de las llanuras onduladas ligeramente diseccionadas. La red fluvial en este sector de depósitos acumulativos fluviales al no haber grandes rangos de

pendiente tiende más a depositar que arrancar material, esto da paso a que se enriquezcan los depósitos progresivamente.

Para determinar las terrazas marinas expuestas en el mapa se usó el mapa de sombras, en conjunto con los mapas morfométricos de disección vertical y pendiente, estos dos últimos dieron las alineaciones para determinar los niveles de terrazas marinas presentes en el litoral. Existen reconocidas por los métodos utilizados en la confección del mapa siete terrazas marinas, esto evidencia el levantamiento progresivo de esta zona a lo largo del tiempo, las mencionadas terrazas se encuentran en la Península el Ramón, localidad de Antilla y Punta Peñasco; en Punta Morales se observan claramente tres niveles consecutivos de terrazas marinas y al oeste de Punta Campeado se puede observar otra terraza marina. En la zona de Punta Morales y al noroeste de la ciudad de Banes la disección vertical y horizontal es relativamente baja, la primera alcanza valores de hasta 12 m/km^2 , lo cual la coloca en la categoría de llanuras medianamente diseccionadas, la disección horizontal es hasta de $0,5 \text{ km/km}^2$ esto cae dentro del rango de suavemente diseccionado y en el mapa de pendientes la inclinación no sobrepasa los 5 grados, todo esto propicia que se califique esta llanura de la Punta Morales como una llanura abrasiva-acumulativa con serie escalonada marina. No siendo así en las terrazas presentes en la zona de Antilla y al oeste de Punta Campeado, estas a pesar de seguir la configuración de la línea de costa tienen una disección vertical más alta y el mapa de pendiente muestra valores aquí más elevados, quedaría la tarea en de ir a esclarecer estos puntos con una exploración, esto no se pudo realizar en la presente etapa de la investigación.

Los morfoalineamientos se determinaron por las zonas donde coincidían alineamientos de varios mapas morfométricos y el mapa de densidad fluvial. Estos se digitalizaron, se exportaron como un fichero .bln y se montaron sobre el mapa resultante.

Los criterios utilizados para señalar las fallas presentes en el mapa y corroborar las ofrecidas en el mapa geológico fueron:

- Alineación fluvial con ríos de cauces profundos y formación de barrancos, los que en ocasiones aparecen cortados y desplazados por otras estructuras.
- Valores morfométricos bruscos y diferentes a ambos lados de la fractura.
- Variaciones hipsométricas entre ambos lados de fractura.
- Alineación del río, con cauce profundo y laderas escarpadas.
- Existe alineamiento marcado por una inflexión negativa de los valores de isobasitas de segundo orden.
- Alineamiento de los valores de pendientes.
- Desplazamiento de la dirección de la divisoria de las aguas.
- Alineación de los valores de disección vertical.
- Contactos litológicos bruscos.
- Rasgos topográficos zonas de escarpadas.

Mediante estos criterios se señalaron los morfoalineamientos, que pueden ser posible fallas, en el mapa de dicho nombre, digitalizándolas en Surfer y exportándolas como un fichero *.bln para luego sobreponerla en el mapa final.

La red de ríos la obtuvimos de la empresa Geocuba Oriente Norte, fue digitalizada allá a partir de la hoja topográfica de Banes en el AutoCad y exportada como un fichero *.dxf, en la confección del mapa resultante solo se utilizaron los ríos de orden mayor de tres.

En el mapa se muestran dos zonas geomorfológicas, las cuales en la leyenda se nombran como Zonas geomorfológicas 1 y 2; la zona 1 (Z1) lleva por nombre Zona geomorfológica Maniabón-Jagüeyes este nombre fue escogido porque está enmarcada en el grupo orográfico Maniabón y el sector de Jagüeyes. La zona 2 (Z2a, Z2b y Z2c) lleva el nombre de Zona geomorfológica Nipe-Banes, pues esta zona se desarrolla en las llanuras de las bahías Nipe y Banes. Las zonas geomorfológicas en que se divide el mapa resultante (Figura 3.10) fueron confeccionadas a partir de la digitalización de los polígonos escogidos mediante el análisis de los mapas morfométricos y temáticos, en conjunto con las clasificaciones adoptadas y la bibliografía consultada. Para crear estas zonas geomorfológicas se agruparon los tipos de relieve, en la zona Maniabón –

Jagüeyes se encuentran las alturas tectono-erosivas presentes en el sector, la terraza fluvial enclavada en la formación Tinajita, localidad de Santa Rosa y las Llanuras denudativas. En la zona geomorfológica Nipe-Banes y sus subzonas Lima, Tasajera y Antillas se agrupan los tipos de relieve correspondientes a las llanuras, las alturas litológico-estructurales, estas se encuentran en puntos aislados en la Fm. Río Jagüeyes, y las premontañas tectono-litológicas sobre la formación Camazán. Esta forma de agrupar los tipos de relieve se adopta porque la primera zona geomorfológica es el basamento pre-oligocénico y la segunda corresponde con la cobertura neoplatafórmica.

2.5 Conclusiones

En general se puede concluir que los métodos y procedimientos empleados en la confección de los mapas temáticos posibilitan buscar las zonas donde las estructuras de mayor rango afectan las rocas. En este capítulo se llevó a cabo el diseño de la metodología a seguir, se mostraron las etapas por las que está cursando la investigación, los principios teóricos y métodos de análisis que se usaron y todo el procesamiento de la información, como se trató y los programas informáticos que fueron utilizados para esto. Estos datos obtenidos serán empleados para la confección del mapa resultante con ayuda de la metodología expuesta acá.

Capítulo 3: Interpretación de los resultados.

1. Introducción.
2. Mapas auxiliares.
3. Mapa geomorfológico.
4. Tipos de relieve.
5. Conclusiones.

3.1 Introducción.

En el presente capítulo interpretaran los resultados aportados por los diferentes mapas temáticos, mapas auxiliares y el mapa resultante, en este caso el mapa geomorfológico del área de estudio. Al final se dará paso a las conclusiones generales de la investigación llevada a cabo en la región, los pros y los contras del mapa resultante serán expuestos acá para una mayor claridad de los mismos, así como su comprensión.

3.2 Mapas auxiliares

La interpretación de los mapas temáticos es de vital interés y un paso inviolable para la posterior comprensión del mapa resultante, pues estos darán la base para la construcción del mapa resultante. Siguiendo los métodos utilizados en el trabajo se comenzará con la descripción y posterior interpretación de los mapas temáticos del área; los mapas temáticos elaborados son: mapa de pendientes, mapa hipsométrico, mapa de densidad de drenaje, mapa de isobasitas de orden II, III y IV, mapa de disección horizontal y vertical.

Mapa hipsométrico: Este mapa facilita la apreciación del relieve destacando sus características más relevantes, esto se logra coloreando el mapa con una gama adecuada de colores, obtenida de un análisis según criterio estadístico, donde el carácter multimodal de la matriz de cotas generada indica vínculos entre el relieve, rasgos estructurales y litológicos, señalando que la historia del área está directamente asociada a ellos (Seco 2000). El terreno lo dividimos en tres zonas

principales: alturas, llanuras y montañas. Las llanuras se clasificaron por debajo de los 60 m, de 60 a 300 m las alturas y por encima de 300 m las zonas montañosas, señalar que esto es una variación hecha por el autor a la clasificación de Lilienberg, las alturas también fueron clasificadas por su relación con el relieve circundante a ellas y estas evidencian ascensos neotectónicos débiles.

Las montañas del área de estudio entran en la clasificación de montañas bajas, aquí destaca principalmente el grupo Maniabón que alcanza una altura máxima de 358 m en las inmediaciones de Baréa y Los Aguaceros. El macizo Maniabón se encuentra ubicado en la parte NE de la zona de estudio, con orientación NW-SE está conformado principalmente por las formaciones relacionada con las rocas vulcanógeno-sedimentarias de las formaciones Iberia, esta proviene de los arcos cretácicos y sus cuencas superpuestas formada por las rocas efusivas e intrusivas, el miembro La Morena, las ofiolitas relacionadas con este arco, así como las formaciones La Jíquima, Lindero y Tinajita, quedan algunos relictos aislados de rocas más jóvenes Miocénicas formadas por rocas carbonatadas recristalizadas de la Fm. Camazán. Además aparecen rocas del Terciario representadas por el Olistostroma Haticos y la Fm. Vigía.

En este macizo se encuentra una superficie de nivelación en la localidad de Santa Roza, al NE, en esta zona se observan relictos de la Fm. Tinajitas; al oeste del macizo Maniabón se encuentra una ventana erosiva, es una zona de alturas que alcanza hasta 200 m sobre el nivel del mar. Este grupo orográfico Maniabón transicionan a las llanuras de la Bahía de Banes-Nipe, dado que está orientado en esta dirección, numerosos cursos de aguas diseccionan sus laderas.

En la península El Ramón se observa una alineación de alturas que no sobrepasan de los 70m de elevación, con cotas que disminuyen gradualmente hacia el NW, la dirección de esta alineación es NE-SW, en ella se presenta la formación Júcaro. Otras alturas de interés se encuentran en la localidad de La Herradura, esta tiene buzamiento NW con una dirección E-W, está formada por Camazán, Vigía y Bitirí, son formaciones principalmente calcáreas, estas alturas transicionan gradualmente hacia las llanuras acumulativas de Vuelta larga.

También hacia el sur de Maniabón se aprecian alturas que se mantienen en los 100 m sobre el nivel del mar y una moda de 40 a 60 m; está orientada NE-SW con un buzamiento suave hacia el NW a terminar en la llanura de la bahía de Nipe; se presenta muy diseccionada por los cursos de agua y está formada en su mayoría por Río Jagüeyes. En la bahía de Banes hacia el oeste de punta Alfajore se encuentra una altura conformada por Río Jagüeyes, esta tiene dirección E-W con descenso gradual al norte, a la bahía de Banes. Esta alcanza alturas de hasta 80m. En la localidad de Angostura y Antilla1 aparecen dos cotas aisladas que figuran en el rango entre 80 y 100 m de elevación, formadas por Río Jagüeyes, estas resaltan los movimientos neotectónicos débiles en la zona.

Las llanuras en el área de estudio representan alrededor del 50 % del territorio, extendiéndose en las inmediaciones del Macizo Maniabón, la bahía de Nipe, la bahía de Banes y al oeste de la ventana erosiva. Se encuentran llanuras por debajo de los 60m, teniendo una media de altitud de 22.5 m. Están conformadas en su mayoría por rocas calizas pertenecientes a las formaciones Río Jagüeyes, Bitirí, Júcaro y también se haya presente la Fm. Camazán. Figura 3.1.

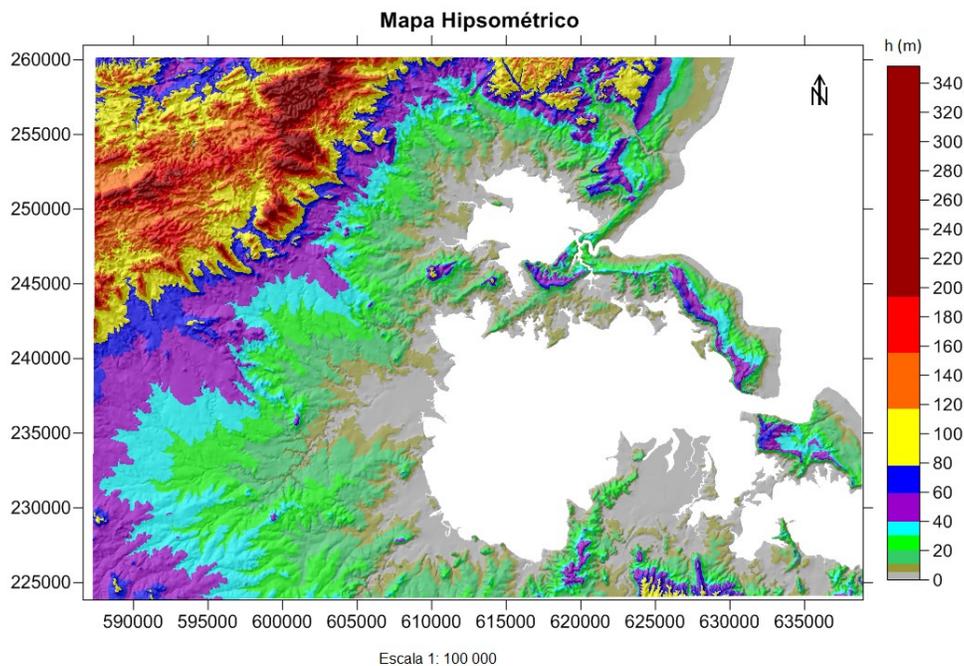


Figura 3.1 Mapa Hipsométrico.

Mapa de pendientes: Del mapa se puede obtener una serie de resultados, entre los cuales cabe destacar: los valores más bajos predominantes de pendientes de color azul claro se encuentran en el intervalo de 0 - 2° hacia las zonas de las llanuras costeras, al igual que las pendientes marcadas con el color magenta se encuentran en el rango entre los 2 - 5°; en los valles de la parte sur central, este y noroeste de la zona de trabajo también se observan algunos valles interiores dentro del Grupo Maniabón y en la parte este de la Península del Ramón de Antilla. A partir de estos niveles de pendiente se pueden delimitar los diferentes niveles de terrazas principalmente en la parte este de la zona en estudio y de la península.

Las pendientes predominantes de color verde están entre 5 - 10° y las marcadas con el color amarillo entre 10 - 15°, estas se observan en la parte central con dirección suroeste - noreste del sector en estudio, expresándose también en la parte, noreste del área así como en el centro y sur de toda la península El Ramón. En el intervalo entre 15 - 35° las pendientes de color naranja que por su ángulo de inclinación deben ser tectónicas, se observan aisladamente en todo el Grupo Maniabón y en el noroeste del área, expresándose con mayor intensidad alrededor de las principales alturas de Maniabón.

Por encima de los 35° se observan las pendientes de color rojo hacia la parte suroeste y centro norte del área de trabajo, en correspondencia con las principales alturas del Grupo Maniabón, y con los máximos valores de disección vertical. En el área se presentan pendientes mayores de 55 grados en dos puntos aislados en el grupo Maniabón, con un color rojo oscuro. (Figura 3.2)

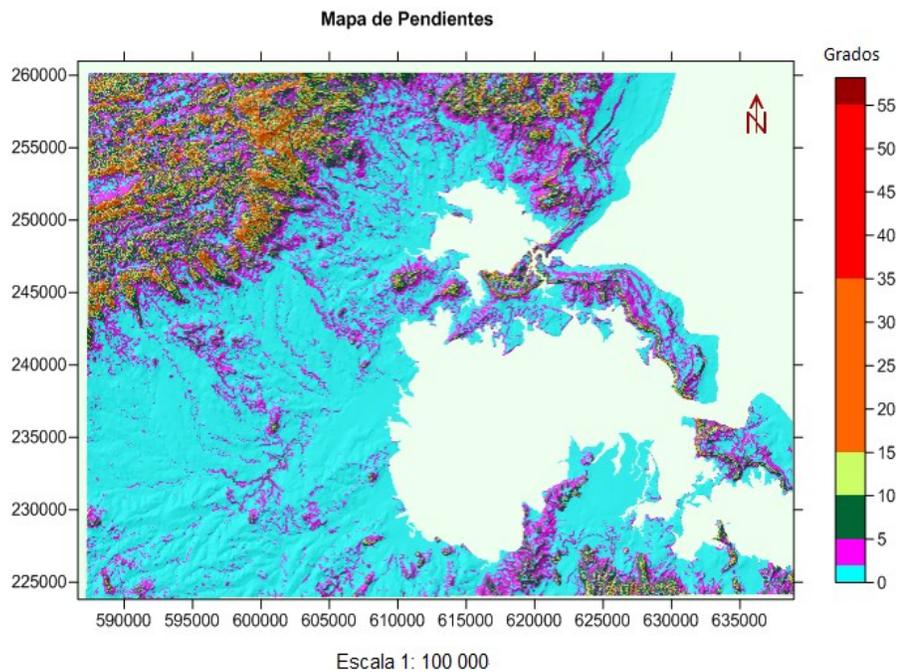


Figura 3.2 Mapa de pendientes.

Mapa de isobasitas de segundo orden: muestra una configuración característica con un aumento sostenido de los valores de las isolíneas desde los extremos hacia el centro. La zona costera al norte, noreste, este, sureste y las partes meridionales de las bahías de Banes, Río Seco, Naranjo, y Vita, así como la península El Ramón y el extremo noroeste y sur – sureste de color verde presentan los valores menores de isobasitas en magnitudes de 0 – 73 m. Luego aparece dos regiones principales en forma de banda de color amarillo, la primera en dirección suroeste – noroeste, y la segunda hacia el este central; también se observan otros sectores de forma aislada en la costa noroeste, en la Bahía de Naranjo y en la parte sur del área de trabajo que presenta algunos cierres de isobasitas con valores entre los 73 – 144 m. Se pueden observar otra zona de color rojo que tiene valores de 144 – 280 m con cierres máximos de 280 m.

Estos valores de cierres de isobasitas indican sectores que se encuentran en franco proceso de levantamiento, destacándose la zona de color rojo del área de trabajo (Figura 3.3).

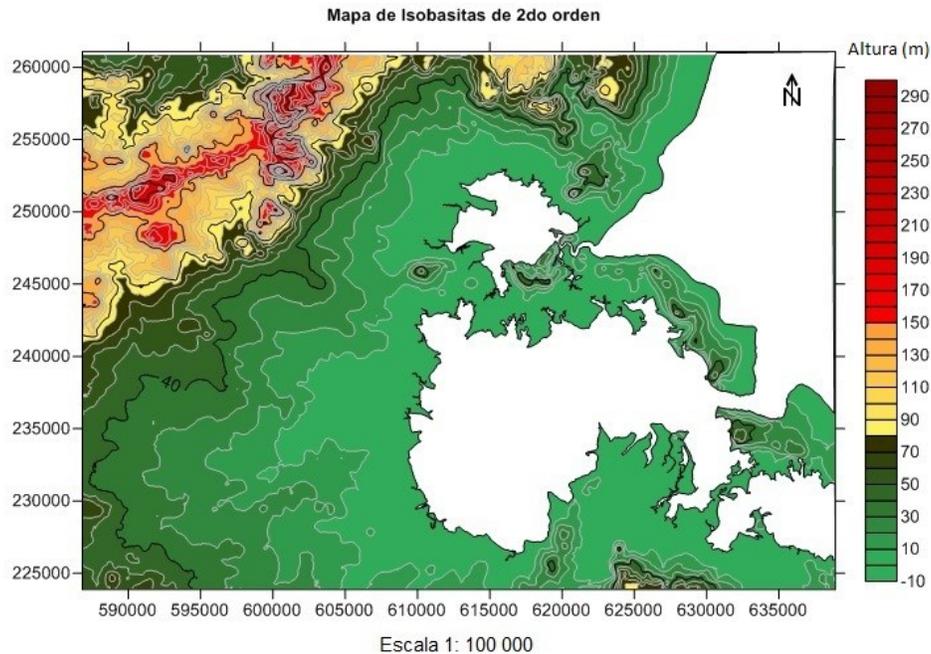


Figura 3.3 Mapa de isobasitas de 2do orden.

Mapa de isobasitas de tercer orden: Aunque la tendencia general de la ubicación general de estos cierres coincide con la de los cierres máximos de segundo orden son de menor escala aunque de valores considerablemente altos que llegan alcanzar los 260 m lo que indica una tendencia general al ascenso con fuerte actividad erosiva.

Después de haber analizado los mapas de isobasitas de segundo y tercer orden, y observar los altos valores de cierres de isobasitas, estos indican sectores que se encuentran en franco proceso de levantamiento, destacándose la zona de color rojo, justificándose por la correspondencia de los máximos valores que presenta el mapa de disección vertical, en este sector del área de trabajo. La ruptura que ocurre en los cierres positivos en los dos órdenes analizados se suman como criterio para suponer la existencia de una fractura, lo que sumado a la desviación que ocurre en los ejes, y a la correspondencia de la franja de máximos valores de

pendientes que se presenta asociada a la misma zona permite asegurar la existencia de una falla (Figura 3.4).

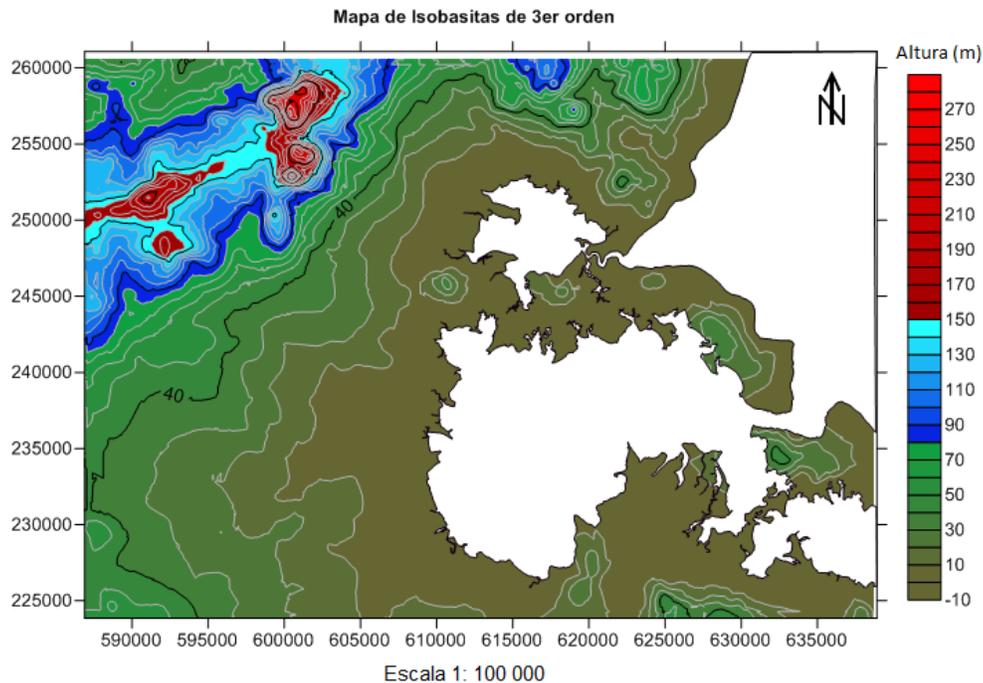


Figura 3.4 Mapa de isobasitas de 3er orden

Mapa de isobasitas de cuarto orden: En este mapa se observan pocos cierres, es en general bastante acorde a los mapas posteriores a él, el de isobasitas de orden dos y tres. Entre los cierres que se aprecian en el mapa está el de loma Los Novillos, perteneciente al grupo Maniabón en la zona NE del mapa de isobasas que se muestra a continuación (Figura 3.5), otro de los cierres están entre los poblados La Vega y La Yua, este se encuentra a menor altura que el de loma Los novillos, pero también pertenece al grupo Maniabón; está el caso de los cierres de Carrera de Palmas, Vista Alegre y Tinajitas, entre estos dos últimos hay una alineación que corresponde a los mapas de isobasitas de orden dos y tres, y corresponde con una falla geológica que atraviesa la zona.

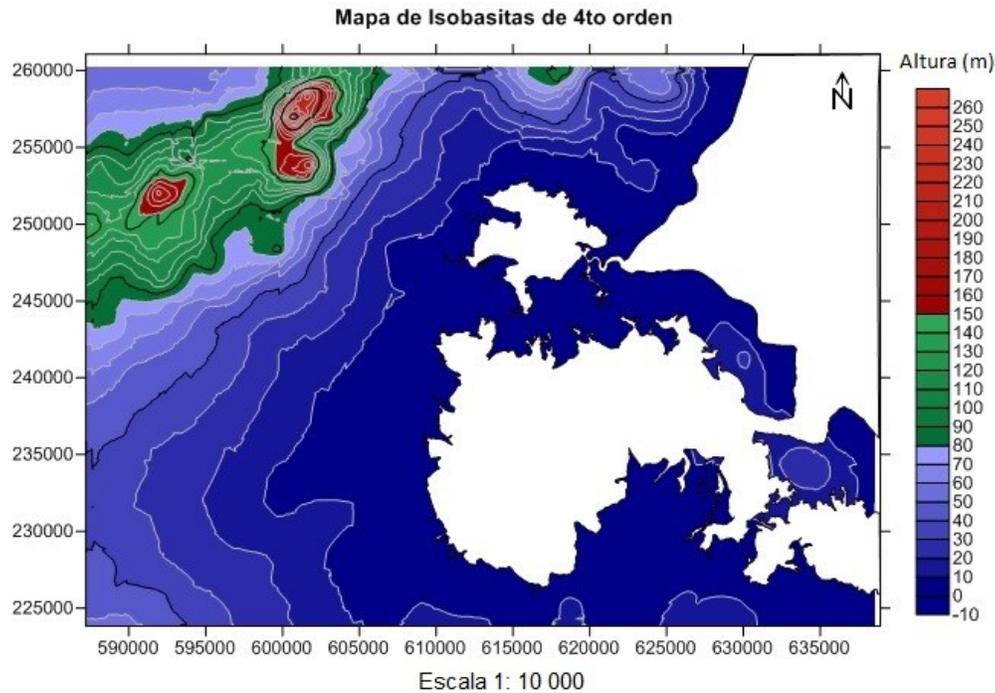


Figura 3.5 Mapa de isobasitas de 4to orden.

Mapa de disección vertical: Para el análisis de los fenómenos y procesos físico geológicos la disección vertical presenta una gran importancia pues en muchos casos define las zonas lineales de máxima erosión de fondo o los taludes a lo largo de los cuales se produce la misma, determinando en buena medida la potencia de material erosionado.

En nuestro caso esta variable se determinó a partir del MDT, procesando el mismo de forma automatizada con el programa Morfgd y validado con el Surfer.

Del análisis del mapa de disección vertical (Figura 3.7) se aprecia una lógica correspondencia entre los altos valores de pendientes con los máximos valores de disección vertical. De todas formas la simple comparación del MDT con el mapa de disección vertical permite discriminar un sector bien definido con máximos de disección alineados en forma de banda con dirección suroeste – noreste perteneciente a la cadena montañosa del Grupo Maniabón aunque en este mismo se observan otros como Yaguajay Arriba con dirección noroeste, también en la península El Ramón de Antilla se pueden ver puntos máximos aislado a todo lo

largo de la península, estas son coincidentes con zonas de líneas estructurales del relieve, los cuales pueden ser indicadores de amplias zonas de fracturas. Se trazó un perfil con dirección NE-SW sobre el grupo Maniabón, en este se hace una superposición entre el relieve de la zona y la disección vertical, se aprecia el contraste entre la zona de montaña y las llanuras, con una caída gradual. En el perfil (Figura 3.6) se observa con más detalle el carácter tectónico de la zona, la cual se clasifica como un sistema de bloques y horst en mantos de sobrecorrimiento.

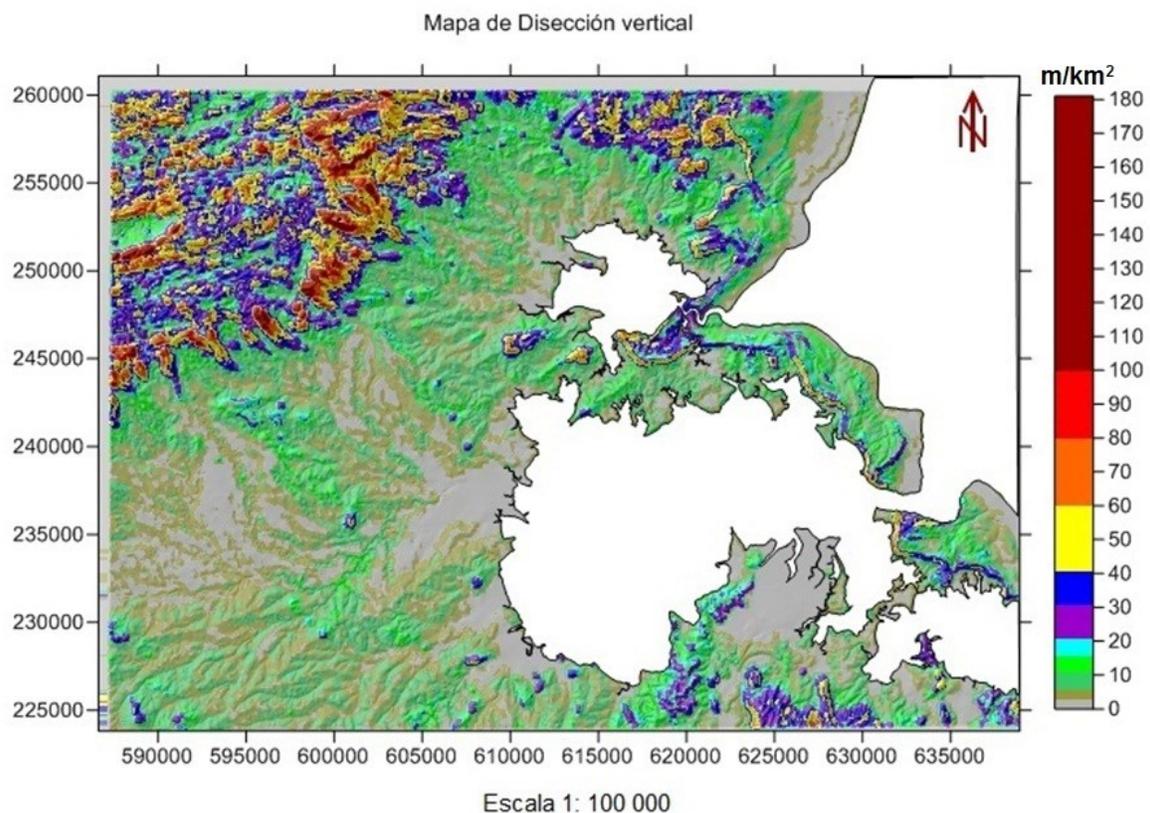


Figura 3.7 Mapa de Disección vertical

Mapa de disección horizontal: El mapa de disección horizontal se obtuvo a partir de la red de drenaje de la zona de trabajo, la cual fue procesada a través del programa “densidad de fracturas” obteniéndose el fichero *.grd correspondiente. Este programa determina la longitud de los elementos lineales correspondientes a

la unidad de área ubicando el valor obtenido en el centro de la rejilla elaborando la matriz que corresponde al modelo de Dh.grd.

Los menores valores de disección horizontal se presentan de color verde en toda la zona costera destacándose la parte este y noreste de la misma, se observan además algunos valles al noroeste de la Bahía de Banes, y hacia el noroeste del área de trabajo con un rango 0.1 – 2.5 km/km², en tanto que los máximos valores de disección horizontal de color rojo con valores de 3.5 – 5.9 km/ km² aparecen en la parte suroeste, noroeste, del Grupo Maniabón, al noreste del área y en la parte central de la península El Ramón, expresándose con mayor disección horizontal el sector suroeste por lo que esta es el área de mayor erosión lateral. Estos valores de disección horizontal presentes en la zona de estudio se encuentran en el orden de la media nacional (Figura 3.7).

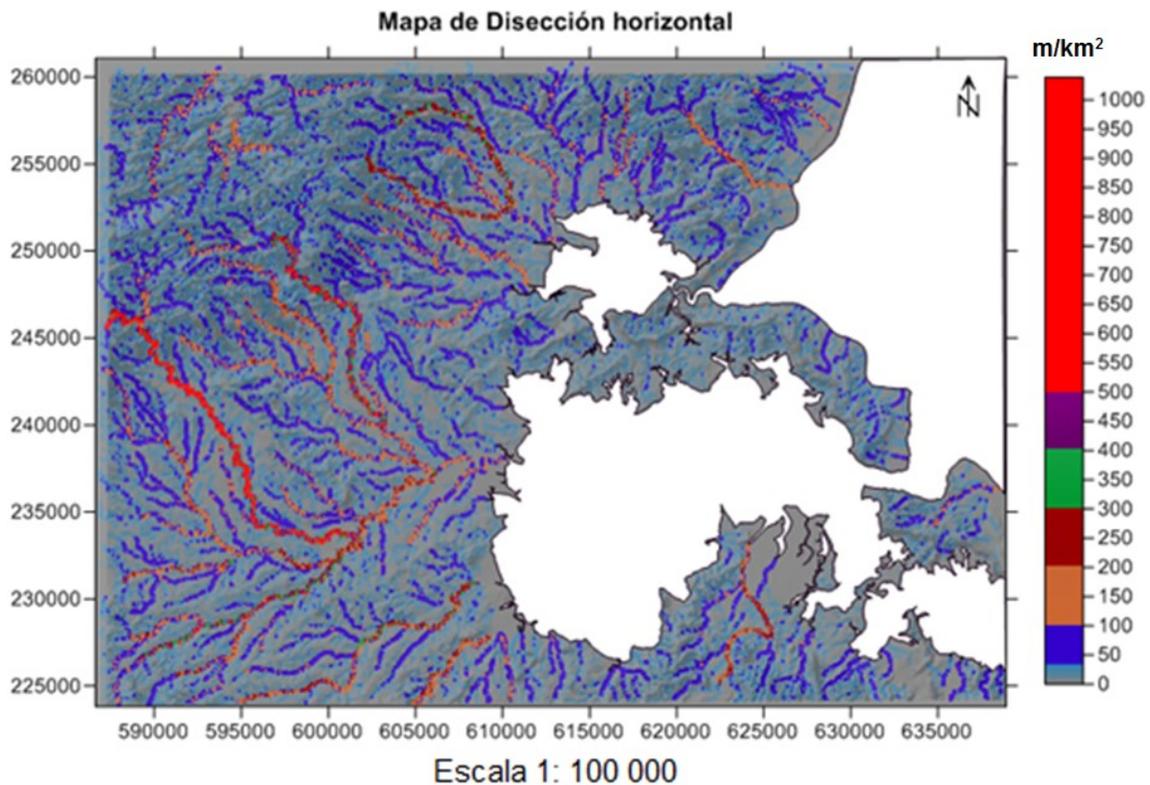


Figura 3.7. Mapa de Disección Horizontal.

Mapa de Red Fluvial: Para las condiciones geomorfológicas cubanas, donde los procesos morfogénicos fundamentales son los fluviales, el estudio del

comportamiento de la red de drenaje tanto en su forma como en su densidad constituye un elemento de gran importancia. El drenaje de cualquier región de la superficie terrestre está condicionado por varios factores, dentro de los cuales los más importantes son el clima, la litología, la topografía y las condiciones estructurales del terreno.

La red fluvial de la zona está dividida en dos sectores principales, hacia la parte NE del mapa se puede ver que la densidad de esta es superior comparándola con otras partes del mapa, esto se debe a la presencia del grupo orográfico Maniabón. También en esta misma zona la longitud de los causes es menor que en la parte de la bahía dado por la diferencia de relieves. En general la red fluvial o de densidad de drenaje de la zona muestra los contactos litológicos y fallas, esto se logra cuando se extrae el mapa de morfoalineamientos y se compara con el mapa geológico y tectónico del área; fue un criterio imprescindible a la hora de asignar valores a las morfoestructuras, también para confeccionar los mapas de isobasitas y la disección horizontal del terreno. En ella se apoyaron para determinar las zonas de posible desarrollo de carso, así como las zonas de sedimentos aluviales. En ella se observan alineaciones relacionadas con las fallas en la zona, zonas de debilidad como son los contactos litológicos, las fracturas por esfuerzos tectónicos, aquí entran en consideración los anticlinorios de la zona, presentes sobre todo en las alturas Holguín-Maniabón. Figura 3.8.

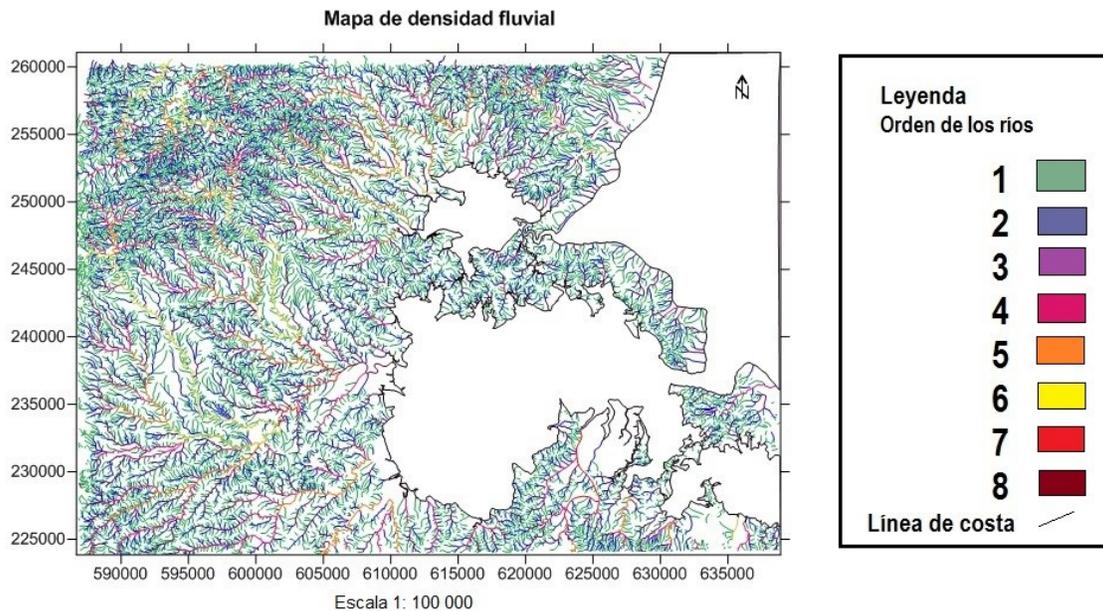


Figura 3.8 Mapa de Densidad fluvial.

3.3 Tipos de relieve presente.

Las formas del relieve determinadas en la investigación con la ayuda de los métodos morfométricos, la red de drenaje, mapa hipsométrico, Modelo Digital del Terreno (MDT), así como los mapas temáticos, se presenta a continuación. Se utiliza la clasificación del Atlas Nacional de Cuba del año 1989, mapa 1: 1 000 000, modificada por el autor.

Montañas (premontañas) tectono-litológicas: el área alcanza aquí sus mayores elevaciones, hasta 358 m sobre el nivel del mar, se desarrollan preferente mente sobre la formación Camazán y Charco Redondo, con rumbo norte-sur se aprecia desde el poblado de Arroyo blanco hasta el poblado Diputada.

Alturas tectono-erosivas: en este grupo entra el macizo Maniabón casi en su totalidad, la parte este del grupo, limitando con las premontañas tectono-litológicas en el río Bijarú y los poblados Palmarito y Vázquez. A este grupo de alturas también corresponde la ventana erosiva que se presenta al oeste, estas alturas son producto de los mantos de sobrecorrimientos. Esta es una zona muy

complicada geológicamente y morfoestructuralmente, en esta etapa de la investigación resulta imposible hacer alguna subdivisión dentro de esta zona. Son un sistema de horst y bloques en mantos de sobrecorrimiento, condicionados por una gran cantidad de contactos tectónicos, cabe destacar que casi todos los cursos de los ríos en esta zona están controlados por la tectónica. Debido a la actividad tectónica estas zonas han ascendido con respecto a las llanuras que la rodean.

Alturas monoclinales aterrazadas carsificadas: son las que corresponden con la Península El Ramón, Punta Alfajore y Punta Campeado. Se desarrollaron a partir de terrazas marinas que se levantaron, son carsificadas pues las formaciones que las conforman están compuestas por rocas calizas, se puede observar en los mapas de pendientes, disección vertical y el de sombras como los niveles de las terrazas hacia el NW descienden gradualmente hasta el mar, mientras hacia el SE presentan cambios de pendientes abruptos y niveles de disección elevados y con un alto contraste. Por su parte el mapa de red fluvial se presenta a los dos lados de la vertiente con un comportamiento diferente, hacia la parte NW de las elevaciones del Ramón, Alfajore y Campeado se hayan cursos de agua más uniformes y que evidencia la transgresión gradual de una cota mayor a una menor, no mostrándose así en la vertiente opuesta donde la red hidrográfica es más caótica e irregular.

Alturas litólogo-estructurales: se presentan en puntos aislados y no sobrepasan los 120 m de altura, en relación con las llanuras que las rodean, se presentan muy erosionadas, esto lo evidencia el análisis de la red fluvial del área en conjunto con la disección horizontal. Estas alturas son debido a ascensos de poca amplitud y a la morfología de su estructura interna pasiva, son originadas por la erosión diferencial. Están en la localidad de Angostura, Cano1 y Loma Pilón, en la localidad de Antilla 1. Estas alturas se hallan encalladas en la Fm. Río Jagüeyes.

Llanuras denudativas y denudativo-erosivas: se encuentran en el macizo Maniabón, en la zona de Altuna y Camayén, contactando con las alturas tectono-erosivas al NW y la terraza fluvial de Santa Rosa al SE, esta zona experimentó un

largo proceso evolutivo, por lo que sus superficie esta considerablemente reelaborada, hay un gran desarrollo de morfoestructuras fluviales que les confiere un aspecto colinoso a las más altas y ondulado a las inferiores, sobre ellas se alzan numerosos cerros residuales como se aprecia en el mapa hipsométrico (Oliva 1989).

Llanuras abrasivo y abrasivo-acumulativas: ocupan gran parte de la zona de estudio, se encuentran por debajo de los 60m sobre el nivel del mar, compuestas principalmente por las formaciones Río Jagüeyes y Júcaro y en ocasiones aflora el Miembro Pedernales y Dátil (esta sería de gran interés ir a comprobarla en el campo y cómo se comporta con respecto al relieve que la rodea, pues es una formación anómala en la zona, aunque está relacionada con Charco Redondo). Estas llanuras erosivo acumulativas marinas están presente en el mapa, Subzona 2c, principalmente en las faldas del macizo Maniabón y de la ventana erosiva donde se encuentra el poblado Nuevo Banes. En cuanto a la disección vertical en la zona, así como el grado de inclinación de la pendiente es muy bajo, propio de la zona de llanuras. Al analizar el mapa topográfico se ve un mayor espaciamiento entre las isolíneas, esto es propio de una zona de este tipo; en el análisis de la red fluvial se evidencia mediante el comportamiento más sinuoso del curso de los ríos tales como río Banes, Tacajó, Nipe y otros.

Llanuras erosivo-acumulativas aterrazadas: esto es debido al ascenso gradual y constante de la zona donde se encuentran presentes, están ubicadas entre Punta La Poza y Punta Mulas, también son apreciables en la península El Ramón, y la localidad Los Pozos. Con una disección vertical y grado de pendientes bajos, se encuentran por debajo de la cota 60. La disección Horizontal es relativamente elevada en este sector, en toda esta zona de llanuras es propenso a desarrollarse el carso, ya que se hallan sobre las Fm. Júcaro y Río Jagüeyes.

Llanuras fluviales acumulativas: se corresponden con la terraza que se presenta enclavada en el macizo Maniabón, en el poblado de Santa Rosa. Los morfoalineamientos alrededor de esta zona presentan valores elevados, sobre todo el mapa de pendientes y el de disección vertical, la red fluvial se vuelve más

regular en este sector, corresponde con la Fm. Tinajita. Esta terraza fluvial se caracteriza por ser erosivas, estar a una gran altura y ser colinosas.

Llanuras abrasivo-acumulativas planas parcialmente cenagosas y llanuras abrasivo-planas: localizadas en casi toda la franja costera, existe en ella zonas de manglares fácilmente identificables, la cota es de menos de 1.5 m en la mayoría de los casos. Aquí se depositan los sedimentos palustres, y así está señalado en el mapa resultado, como Depósitos Palustres Costeros, no presenta disección vertical, ni pendiente, esto es un índice para identificarlas, así como el casi nulo desarrollo de cursos nuevos de ríos, la red fluvial se comporta sin variaciones, monótonamente. La disección vertical es alta en el cauce de los ríos viejos que desembocan en estas áreas, su mayor representación está en las inmediaciones de la ensenada del pez.

3.4 Mapa de Morfoalineamientos

En el área de estudio se observan grupos de alineaciones de diferente procedencia, la mayoría de estas pueden estar relacionadas con contactos litológicos, fallas o estructuras cársticas presentes gracias a las formaciones sobre las cuales se desarrolla el relieve de la zona, de las cuales una gran cantidad tiene carbonato en su composición. Es el caso de las estructuras cársticas que fueron identificadas en el área de Loma Pilón, Angostura, entre Monte Feria y Calabaza 7, Dumois, Loma Roja y Barracones. Estas estructuras presentan una disección vertical elevada, una pendiente con cambios bruscos, la que se halla presente en Loma Pilón posee alineaciones relacionadas con las isobasitas de cuarto orden y con la red de densidad fluvial, esto en conjunto con la carta topográfica de la región refleja que se trata de mogotes, dado que están sobre la Fm. Río Jagüey, la cual presenta un gran porcentaje de carbonato en la composición de las rocas que la conforman.

Los morfoalineamientos, que pueden ser posibles fallas, se encuentran, representados en el mapa geomorfológico. Para llegar a calificar estos morfoalineamientos como fallas es necesario un estudio más detallado del

desplazamiento del relieve, y buscar criterios de fallas en el campo. En la investigación se determinaron criterios de fallas para esos morfoalineamientos, pero existe insuficiente información para darle el nombre de fallas, por tanto se nombraron morfoalineamientos o posibles fallas.

En la localidad de Santa Rosa, se halla una superficie de nivelación, entre la Sierra de Tacajó y Arrollo de Agua, esta superficie es un valle con composición carbonatada, ya que se encuentra en él la Fm. Tinajitas. Presenta valores elevados de disección vertical, cambios bruscos de pendiente, morfoalineaciones de isobasitas, red de drenaje y disección horizontal debido a que esta formación se halla por debajo de la Fm. La Jíquima la cual se encuentra en las sierras que están bordeándola, la Fm. La Jíquima se erosiono debido al levantamiento del bloque Maniabón y al erosionarse quedó el valle de Santa Rosa-Camayén. En la Figura 3.9 se muestra el mapa de resultante de las alineaciones entre los mapas morfométricos, mapa geológico, carta topográfica y red fluvial.

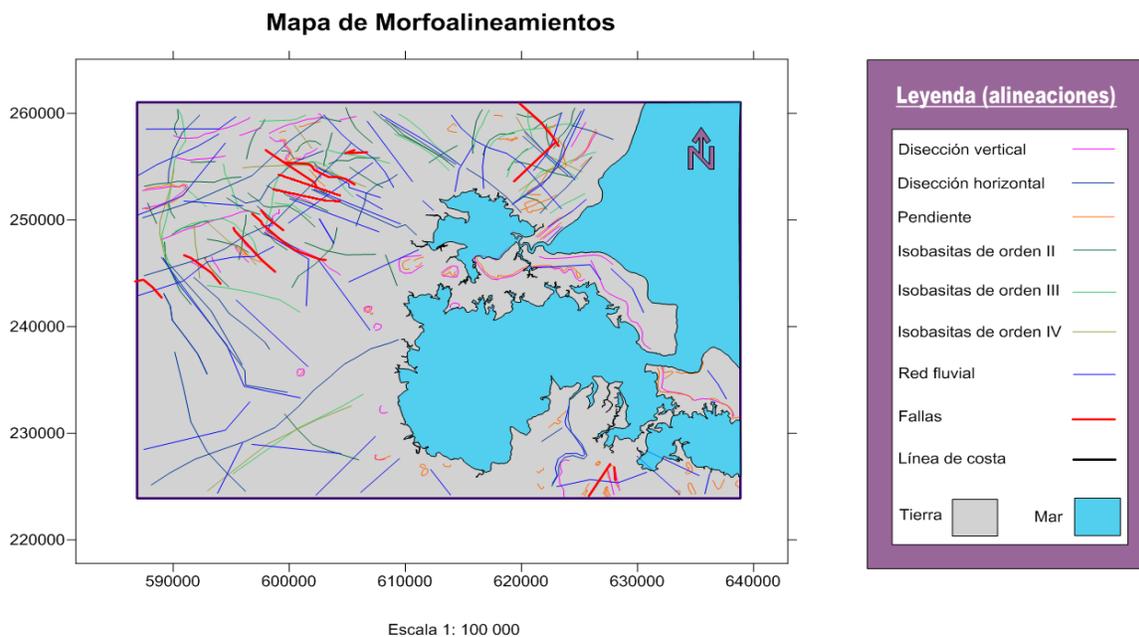


Figura 3.9 Mapa de morfoalineaciones del sector centro septentrional de Holguín.

3.5 Mapa Geomorfológico.

Interpretación del mapa geomorfológico del área de estudio.

En este territorio convencionalmente se han dividido dos zonas geomorfológicas y tres subzonas, siendo estas las siguientes:

Zona geomorfológica Maniabón-Jagüeyes (Z1). Basamento plegado pre-Oligocénico.

Esta zona geomorfológica está formada por el basamento plegado pre-Oligocénico y se caracteriza por aflorar en toda la parte centro norte del territorio estudiado, con un afloramiento aislado más al norte-noreste, cercano a la ciudad de Banes a unos 7.5 km al noreste de esta cabecera municipal. Constituye una cúpula plegada asimétrica la que quedó al descubierto por los movimientos neotectónicos de levantamiento. Es una zona erosivo denudativa, relacionada con las rocas vulcanógeno-sedimentarias de las formaciones de los arcos cretácicos y sus cuencas superpuestas formados por las rocas efusivas e intrusivas de la Fm. Iberia, el miembro La Morena, las ofiolitas relacionadas con este arco, así como las cuencas superpuestas que dieron lugar a las formaciones La Jíquima, Fm. Lindero y Fm. Tinajita, sobre el que quedan algunos relictos aislados de las rocas más jóvenes Miocénicas formadas por rocas carbonatadas recristalizadas de la Fm. Camazán. Además aparecen rocas del terciario representadas por el Olistostroma Haticos y la Fm. Vigía. Estas secuencias cretácicas y terciarias se encuentran mezcladas tectónicamente en forma de bandas alargadas de dirección oeste-este con un giro en el extremo este hacia el noreste.

A unos 5 km al norte noreste de la bahía de Banes, como ya se mencionó, hay una ventana erosiva que forma un braquianticlinal, donde afloran rocas de las formaciones Haticos y Vigía.

Las cotas en esta zona están entre 0.00 m a 353.51 m con promedio 92.30 m y las pendientes entre 0° a 70.55° con promedio de 7.74°. Es interesante ver como en esta zona de rocas más antiguas y duras el valor máximo de las pendientes queda por debajo del valor máximo de las pendientes de las rocas de la cobertura y eso se debe a la presencia en esta de taludes casi verticales en los frentes de terrazas marinas, sin embargo los valores promedios si son superiores en el zócalo plegado más antiguo.

La Disección Vertical (Dv) va entre 5 m/km² y 180,9 m/km² y la Disección Horizontal (Dh) va entre 1 km/km² y 6 km/km².

El desarrollo cársico está limitado a los cerros aislados de la Formación Tinajita y al miembro La Morena de la Fm. Iberia, los que forman cerros de paredes verticales y superficies algo aplanadas, parecidos a pequeños mogotes.

Debido a la complejidad geológica y morfoestructural es muy difícil para esta etapa de investigación realizar subdivisiones del relieve para esta zona geomorfológica, debido a que todos los contactos que se encuentran son tectónicos, aunque en futuros trabajos podrán separarse las secuencias cretácicas de la terciarias en dos subzonas geomorfológicas.

Zona geomorfológica Nipa-Banes (Z2). Cobertura neoplatafórmica.

Esta zona geomorfológica también es erosivo denudativa en gran parte ya que se encuentra también afectada por los movimientos neotectónicos de levantamiento, aunque en sus flancos, principalmente al este y sureste, en menor medida al norte, es acumulativa en las partes bajas. Está relacionada con las rocas terrígeno-carbonatadas de las formaciones Camazán, su miembro conglomerático basal Pedernales, Paso Real, Río Jagüeyes, Júcaro y Jaimanitas, además de los depósitos palustres y depósitos aluviales cuaternarios.

Las cotas en esta zona geomorfológica van entre 0.00 m a 342.28 m con un promedio de 50.04 m, las pendientes van entre 0° a 53,6° con promedio de 3.87°, la Dv va entre 0.00 m/km² y 90.00 m/km², la Dh va entre 0.00 km/km² y 4.00 km/km².

Según las características del relieve, la cobertura neoplatafórmica o zona geomorfológica 2, se subdivide en 3 subzonas con características distintivas:

Subzona geomorfológica Nipe-Banes-Lima (Z2a).

Se caracteriza por un relieve de colinas bajas diseccionadas, erosivo-cársicas, desarrollada sobre la facies de calizas biodetríticas recristalizadas y margosas de la Fm. Camazán y su miembro Pedernales. Es frecuente encontrar carso superficial y pequeños embudos cársicos formados por la acción de las aguas de

lluvias, pero en el mapa no se hace referencia a ellos pues no se pudieron realizar las salidas al campo previstas para su localización exacta. En la zona estas elevaciones forman colinas en forma de cuevas con una yacencia entre 5° a 8° desde el sureste hasta el noreste y pendientes más pronunciadas en sentido contrario a la yacencia, también pueden tener forma de peniplanicies rugosas u onduladas cársicas. Las cotas en esta subzona están entre 50.0 m a 342.3 m con promedio de 62.0 m, la Dv entre 40 y 90 m/km^2 , mientras que la Dh está entre 1.0 y 3.5 km/km^2 .

En el mapa geomorfológico se representaron las áreas de mayor probabilidad de tener carso, así como las estructuras positivas y negativas. El nombre de la subzona fue adoptado por un caserío llamado La Lima que se encuentra enclavado en la zona, al sur del nacimiento del río Tasajeras.

Subzona geomorfológica Nipe-Banes-Tasajera (Z2b).

Formada por depósitos costeros carbonatados carsificados, aunque se pueden presentar arenas de playas y pequeñas franjas palustres con manglares actuales y depósitos de fangos sapropélicos sobre un carso sumergido en ocasiones, además de considerarse a los depósitos aluviales cuaternarios como parte de esta subzona.

Ocupa toda la franja litoral con cotas entre 0.00 m a 65 m, observándose hasta cuatro niveles de terrazas marinas, sin contar el actual fondo oceánico en proceso de levantamiento, encontrándose la cuarta terraza o la más elevada mucho más diseccionada. Las pendientes están entre 0° y 10° con algunos valores aislados superiores, la Dv entre 0.00 m/km^2 y 90 m/km^2 , la Dh entre 0.00 km/km^2 y 3.50 km/km^2 .

En un sector de esta subzona desemboca el río Tasajeras, por el cual toma su nombre; este río finaliza su cauce al este de la punta Macabí.

Subzona geomorfológica Nipe-Banes-Antilla.

Formada por una llanura costera arcillosa carbonatada que bordea las bahías de Nipe y de Banes, Es una llanura bastante homogénea, aunque puede presentar

algunas pequeñas elevaciones por inclusiones de olistolitos y olistostromas dentro de las arcillas, provenientes de antiguos deslizamientos desde las rocas que forman las formaciones Camazán y Bitirí fuera del área más al este. La cotas están entre 0.00 m y 63 m, mientras que las pendientes entre 0° y 5°, con áreas aisladas que pueden llegar a los 15°, la Dv está entre 0.00 m/km² y 35 m/km², mientras que la Dh está entre 0.00 km/km² y 2.5 km/km².

En la zona cercana a la Bahía de Nipe y El Ramón de Antilla, al predominar entre las arcillas secuencias carbonatadas, puede presentarse localmente desarrollo cársico de poca extensión y desarrollo.

Análisis morfoestructural de la zona de Banes

Zona geomorfológica Maniabón-Jagüeyes (Z1). Basamento plegado pre-oligocénico.

Este piso se encuentra intensamente plegado y fallado, con fallas sublatitudinales de tipo inversas o corrimientos con ángulos de buzamientos superiores a 45°, con dirección predominante hacia el sureste y rumbo este-noreste, que se hace noreste en su extremo derecho. Estas fallas están desplazadas por fallas verticales de dirección predominante norte-noroeste y norte. Estos dos conjuntos de fallas se formaron durante el proceso de colisión de los arcos de islas cretácicas, terciarios, cuencas superpuestas y cuencas de ante país con la plataforma de Bahamas que forma parte de la norteamericana.

Es frecuente encontrar además de las formaciones geológicas definidas para la zona, mezclas tectónicas difíciles de ubicar en algunas de las unidades formales.

Desde el oligoceno al mioceno superior todo este conjunto estuvo cubierto por la cobertura neoplatafórmica representada por formaciones predominantemente carbonatadas a terrígeno-carbonatadas. Ya desde el oligoceno con el desarrollo de la falla Bartlett-Caimán de desplazamiento siniestro y la evolución de la placa Caribe que se comprime entre las masas continentales de América del Sur que avanza hacia América del Norte, comienza a levantarse todo el conjunto de rocas de Cuba Oriental y Maniabón, produciéndose un abombamiento positivo que

provoca la erosión intensa durante finales del Mioceno, Pleistoceno hasta el reciente, que deja al descubierto las rocas de este basamento. Al ser los movimientos tectónicos de sur a norte con un giro de la Falla Bartlett-Caimán de este a oeste, provocan que el zócalo plegado anticlinal sea totalmente asimétrico, con buzamientos más suaves hacia el sur y sureste, mientras que hacia el norte-noreste el buzamiento es más pronunciado, haciendo que las rocas más jóvenes tengan menos extensión en esa dirección.

Zona geomorfológica Nipe-Banes (Z2). Cobertura neoplatafórmica.

Las deformaciones pre-oligocénicas no afectaron a este piso superior, a no ser la copia de la forma del basamento irregular que pudo haber sido antes de producirse la transgresión marina que sumergiera en un mar nerítico poco profundo estas secuencias antiguas.

No obstante el desarrollo de la falla Bartlett-Caimán como ya se explicó anteriormente, favoreció la ocurrencia de movimientos tectónicos contemporáneos a recientes o neotectónicos que provocaron fallas que afectan la cobertura neoplatafórmica, siendo por lo general fallas normales o gravitacionales o de desplazamiento por el rumbo sub-verticales.

Este basamento aunque se caracteriza por yacencias suaves a diferencia del basamento plegado pre-oligocénico. En las áreas cercanas a zonas de fallas recientes, la yacencia puede ser mayor, e incluso en el borde marino norte noreste esta puede llegar a ser superior a los 30° de buzamiento de los estratos.

En sentido general la presencia de terrazas fluviales y fundamentalmente marinas (al menos cuatro), que se elevan a más de 90 m sobre el nivel medio del mar, el encajonamiento de algunos ríos, así como la formación de pequeñas y grandes estructuras cársticas como embudos cársticos, dolinas, uvalas y poljas, evidencian una tectónica de levantamiento, más intenso hacia la parte central de la zona, medianamente intenso al norte y noreste, así como de baja intensidad al sur-sureste hacia las bahías de Banes y Nipe. La presencia de pequeñas áreas pantanosas costeras y manglares, se debe al que al irse acumulando sobre las áreas de más lento levantamiento o hundimiento relativo, depósitos finos arcillosos

y desarrollo de vegetación costera, se van formando depósitos sapropélicos en medios restringidos.

Análisis neotectónico de la zona de Banes.

Los movimientos neotectónicos en Cuba Oriental, están regidos por el desarrollo regional de la Placa Caribe, la que se desarrolló con el origen de la gran Falla Bartlett-Caimán, siendo esta o la Falla asociada a ella conocida como Oriente en su límite norte, foco de una intensa actividad sísmica. Esta placa se está comprimiendo con un avance hacia el norte de la masa continental de América del Sur, mientras que América del Norte presiona hacia el Sur con un giro rotacional en sentido horario, lo que provoca que la Falla Bartlett-Caimán sea del tipo transformante con un desplazamiento siniestro.

Esta dinámica regional provoca un levantamiento intenso en toda la Región Oriental incluyendo las alturas de Holguín-Maniabón. Este levantamiento vertical va formando una gran cúpula central, asimétrica, con yacencia más fuerte hacia el norte de las formaciones oligocénicas miocénicas, mientras que las cuaternarias que se van depositando sobre estas de forma discordante tienen una yacencia más suave casi horizontal, por lo que es difícil distinguir en ocasiones entre las calizas de la Fm. Júcaro de edad mioceno superior al plioceno inferior y las de la Fm. Jaimanitas del pleistoceno superior, a no ser por el mayor grado de conservación de las conchas en la más joven. Hacia el sur la yacencia de las formaciones oligo-miocénicas es más suave, casi horizontal.

Sobre la cúpula central comenzaron a actuar intensamente los procesos erosivos hasta erosionar completamente en su parte central los depósitos pre-oligocénicos y comenzar una erosión diferencial en este macizo inferior plegado y fallado, avanzando con mayor rapidez la erosión en las rocas más blandas como la Fm. La Jíquima, partes del miembro Lindero de la Fm. Iberia, serpentinitas foliadas esquistas, tufitas y margas de la Fm Vigía, mientras que en las más duras y resistentes, el relieve se mantuvo más elevado, muchas veces con pendientes abruptas como en los cerros de la Fm. Tinajita y las partes más carbonatadas del propio miembro Lindero, así como en ofiolitas con menor grado de

serpentinización o con fábrica brechosa gruesa. Aún subsisten sobre esta cúpula erosionada, parches de rocas duras del basamento, fundamentalmente biocalcarenitas recristalizadas de la Fm. Camazán.

Las morfoalineaciones presentes en los mapas auxiliares, pueden haber sido provocadas por este último episodio de la evolución geológica de la zona, también fracturas recientes observadas en las rocas más jóvenes y en las antiguas, que por lo general son grietas abiertas, mientras que las fallas son principalmente gravitacionales o normales con dirección submeridionales y en menor medida sublatitudinales. Esta parte de las observaciones de campo fueron a través de trabajos e informes proporcionados por la empresa Geocuba Oriente Norte.

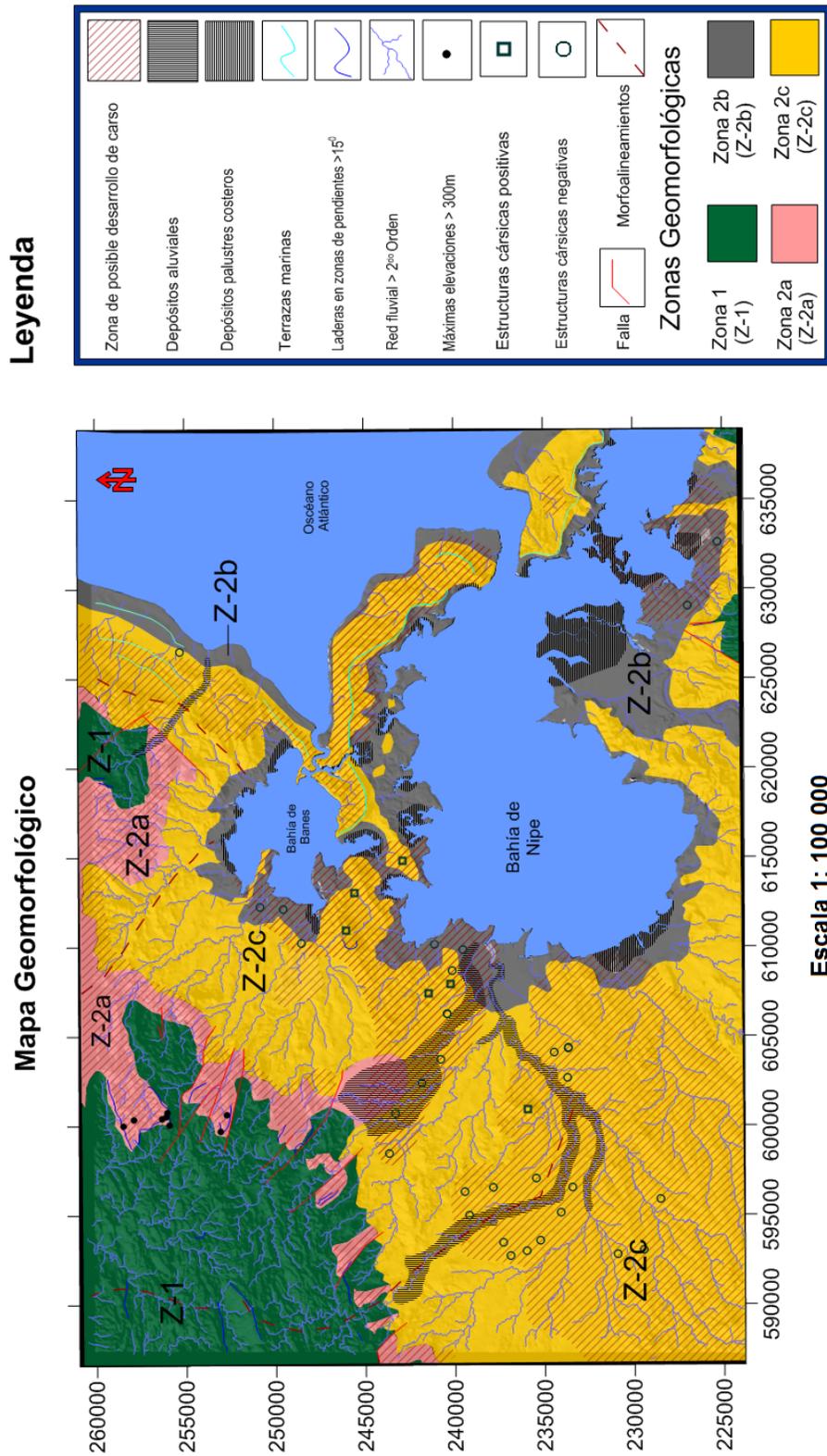


Figura 3.10 Mapa geomorfológico de la zona centro septentrional de Holguín.

3.6 Conclusiones

En este capítulo se comenzó con la interpretación del mapa hipsométrico, a través de este dividimos el sector en áreas según su altura y se califica el relieve en montañas, alturas o llanuras. Con la interpretación de los mapas morfométricos y el mapa de densidad fluvial se llegó a una clasificación más profunda de los tipos de relieves, y se extrajeron las morfoalineaciones para construir el mapa de morfoalineaciones. Se expone como se clasifica el relieve y su caracterización en la zona, donde se presenta cada tipo de relieve y a la zona geomorfológica a la que corresponde. Al final del capítulo se interpreta el mapa geomorfológico por cada zona y subzona presente en este.

Conclusiones generales.

- Se interpretaron los mapas morfométricos confeccionados en el Surfer, a partir de esta interpretación se determinaron morfoalineamientos, escarpes de falla, estructuras cársticas, entre otras formas del relieve que se llevaron al mapa resultante.
- El mapa de morfoalineamientos se construyó en el Surfer a partir de las alineaciones digitalizadas en los mapas morfométricos y red de drenaje, se determinaron cuatro morfoalineaciones.
- Con la ayuda de los mapas morfométricos, mapa de densidad de drenaje, mapas temáticos y mapa de morfoalineamientos se dividió el área de estudio en zonas geomorfológicas.
- Se elaboró el mapa geomorfológico de Banes a escala 1: 100 000, para esto se usaron los mapas auxiliares, el mapa de morfoalineamientos y los mapas temáticos del área

Recomendaciones

Realizar estudios de detalle en cada uno de los sectores establecidos como probables para la ocurrencia de uno u otro de los procesos y fenómenos físico geológicos estudiado. Proporcionar los medios para hacer un levantamiento de campo en el área de estudio sobre la base del mapa resultante de esta investigación. Realizar interpretaciones de imágenes satelitales y aéreas, así como comparaciones entre estas para determinar cambios en el relieve y morfoestructuras que no fueron abordadas en la investigación o esclarecer puntos ciegos de esta. Montar un proyecto en un sistema de información geográfica (SIG) para un mejor procesamiento de los datos.

Bibliografía consultada

1. Acevedo, P. y de León, J. (Eds.), 2013. Los nombres geográficos de Cuba. Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
2. Acevedo-González, M., 1971. Geomorfología de la región de Sumidero, Sierra de los órganos, Pinar del Río, Cuba. Tecnológica.
3. Acevedo-González, M., 1979. Geomorfología e hidrogeología cársicas del sistema cavernario Majaguas-Cantera, Sierra de los órganos, Cuba. Revista científica-metodológica del Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona, 2 (3): 136-145.
4. Adamóvich, A.F., y Chejóvich, V.D., 1965. Sobre el relieve Premaastrichtiano del norte de Oriente y sus relaciones con la geomorfología contemporánea. Tecnológica, 3 (2): 29-34.
5. Blanco J., Proenza J. Terrenos geológicos de Cuba Oriental. Revista Minería y Geología, 1994.
6. Bueno Arcia, M.L., 2007. Aporte de la segmentación sismogenética de fallas activas en la elaboración de mapas de amenaza sísmica. En: Memorias, Trabajos y Resúmenes. II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (Geociencias' 2007). Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana.
7. Cárdenas González, E. 2014. Mapas Geomorfológicos. Conferencia magistral. Ecuador. 26 pág.
8. Carralero N, et. Al. Particularidades de la tectónica disyuntiva de la península del Ramón de Antilla y su influencia sobre la conveniencia constructiva. Rev. Minería y Geología. Vol. XIX. Nº 1-2. 2003.
9. Carralero N. Análisis morfotectónico de la parte centro – occidental de la provincia de Holguín para el pronóstico de procesos y fenómenos físico – geológicos”. Tesis de Maestría. ISMM. 2006.
10. Cotilla-Rodríguez, M.O., y Álvarez, L., 1998. Mapa de zonas sismogeneradoras en Cuba. Geología Colombiana, 23: 97-106.

11. De Miguel Fernández, C., y Vázquez-Taset, Y., 2005. Regionalización hidrogeológica de la provincia de Holguín, República de Cuba. *Minería y Geología*, 21 (3).
12. Díaz-Guanche, C., y Farfán Gonzalez, H., 2007. Geomorfología e hidrología del carso en la Sierra de San Vicente, Viñales, Cuba. En: *Memorias, Trabajos y Resúmenes. II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (Geociencias' 2007)*. Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana.
13. Díaz-Rivero, N., Valdés Moreira, C.E., y Zubiaur Chapman, K., 2003. Modelo digital de elevación (mde) y red de drenaje superficial (rds) de un sector de la provincia de Pinar del Río. Mapas asociados. En: *V Congreso Cubano de Geología y Minería, Memorias Geomin 2003*, La Habana, marzo 24-28.
14. Ecured, Enciclopedia Cubana, 14/10/2010. URL: <http://www.ecured.cu/Banes>
15. Englemann, R., 1955-56. Informe fotogeológico sobre la Isla de Cuba, con mapas fotogeológicos y fototopográficos. Oficina Nacional de Recursos Minerales, Ministerio de Energía y Minas, La Habana (Inédito).
16. García, A., Tabare, T., y Orihuela, N., 2011. Mapas de gravedad y magnetismo de la isla de Cuba derivados de mediciones satelitales combinadas. En: *Memorias, Trabajos y Resúmenes. IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (Geociencias' 2011)*. Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana, CD-Rom.
17. García-Delgado, D., Díaz-Otero, C., Furrázola-Bermúdez, G., y Delgado Damas, R., 2001. Horizontes carbonatados intercalados en el arco volcánico cretácico en la región Holguín-Puerto Padre. En: *IV Congreso Cubano de Geología y Minería, Memorias Geomin 2001*, La Habana, marzo 19-23.
18. Gómez, R. P. (2003). Propuesta de Normalización para la Representación Cartográfica en Internet. Aplicación a los Mapas Geomorfológicos. Dr. Rubén Martínez Martín (Tutor). Tesis doctoral. Universidad politécnica de Madrid. 507p.
19. González., I. L. D. (2005). Morfotectónica del área comprendida entre el poblado de Yamanigüey y la ciudad de Baracoa con vista a la

- planificación turística. Dr. Alina Rodríguez Infante (tutora). Tesis de diploma ISMM: 106.
20. Graciela Pérez Rivas, A. H. M. (2011). Regionalización climática de la provincia Holguín. C. M. P. d. Holguín: 12.
 21. Guilarte F. C. Tecnología para la creación del modelo digital del relieve y aplicación del análisis morfológico y morfométrico en la investigación ingeniero – geológica regional básica. EMPI – FAR. 1993.
 22. Hernández-Santana, J.R., 1987. Geomorfología estructural y geodinámica reciente del relieve de Cuba sudoriental en la zona de interacción de la Microplaca Cubana y la fosa profunda de Bartlett. Tesis de candidatura, Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, (Inédito) 264 pág.
 23. Hernández-Santana, J.R., 1989. Geomorfología estructural del sistema montañoso de la Sierra Maestra y de las depresiones Graben adyacentes. Editorial Científica, La Habana.
 24. Hernández J.R. y otros. Regionalización morfoestructural de la Sierra Maestra y de las depresiones circundantes. Revista Ciencias de la tierra y el espacio, No.17, 1990.
 25. Hernández J.R, et. Al. Estilos geotectónicos bidimensionales y tridimensionales interbloques: una nueva categoría geotectónica para la determinación de morfoestructuras montañosas. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. México 2006.
 26. Ignatov, E.I., 1973. Formación de las morfoestructuras de la plataforma insular del Mar Tropical (en el ejemplo de la Plataforma de Batabanó del Mar Caribe). Materiales de la Filial de Moscú de la Sociedad Geográfica de la URSS, Geomorfología.
 27. Ignatov, E.I., e Ionin, A.S., 1976. Condiciones actuales de la formación de relieve en la plataforma sur occidental de Cuba. En: Litodinámica, litología y geomorfología de la plataforma, Editorial Nauka, Moscú.
 28. Ing. Norberto Díaz Rivero, I. C. E. V. M. and M. I. K. Z. Chapman. (2012). Estudio Geólogo-Geomorfológico de un sector de la Provincia de Pinar del Río.

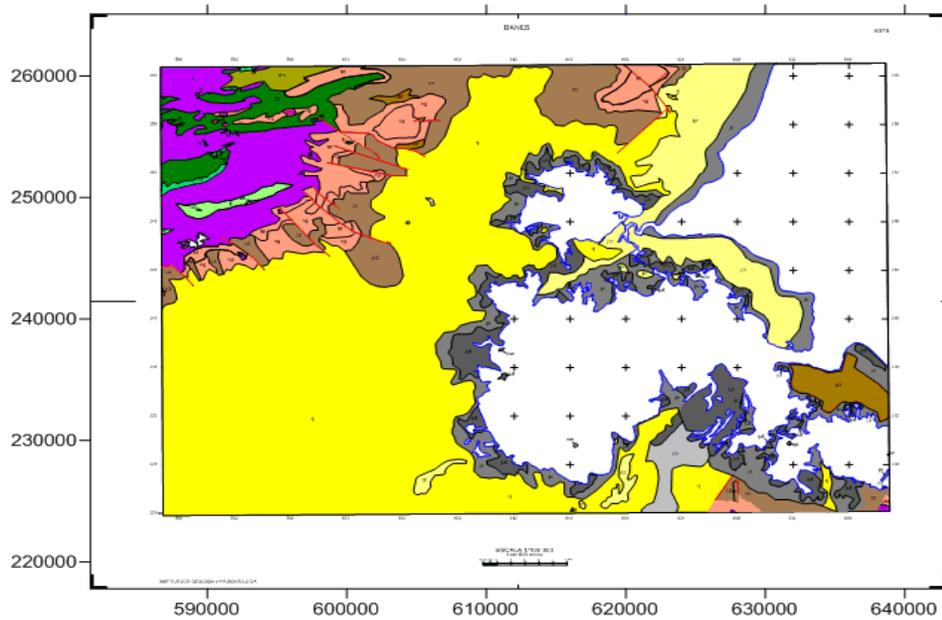
29. Infante R. A., Folleto de Geomorfología. (2000). Instituto Superior Minero Metalúrgico. Holguín, Moa. 35 pág.
30. Instituto Cubano de Geología y Paleontología. Léxico estratigráfico de Cuba. La Habana. 1991
31. Iturralde M. Sinopsis de la constitución y evolución geológica de Cuba. Inédito, 1997.
32. Iturralde-Vinent, M. Cuencas sedimentarias del Paleoceno-Eoceno de Cuba, Soc. Venezolana de Geol., 20(1-2). 75-80. 1995.
33. Iturralde M A. Los movimientos tectónicos en el desarrollo platafórmico de Cuba. Geologie e Mining. Holanda. 1978
34. Jakus P. y otros. Informe sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1:50 000 y búsquedas acompañantes en el polígono V, CAME-Guantánamo. Inédito. E.G.S., 1990.
35. Knipper A. y Cabrera R. Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y el eugeosinclinal y el cinturón hiperbasáltico de Cuba. Publicación especial No.2, I.G.P., Contribución a la geología de Cuba., ACC, 1974.
36. Labrada., A. R. (2008). Pronostico de procesos y fenómenos físico geológicos del sector centro-septentrional de la provincia Holguín. Dr. Alina Rodríguez Infante (tutora). ISMM: 68.
37. Labrada A. R., C. d. (2016). Metodología y leyenda para la confección del mapa geomorfológico de la republica de cuba a escala 1:25.000. Empresa Geocuba Oriente Norte. Holguín. 69 pág.
38. Leyva P. C. Estudio Ingeniero – geológico regional de la Península del Ramón de Antilla. Tesis de Maestría. ISMM. 2001.
39. Lilienberg, D.A., 1973. Algunos aspectos de la formación del carso en los trópicos (según los materiales de investigaciones en Cuba). Materiales de la Filial de la Sociedad Geográfica de la URSS. Geomorfología (Tesis).
40. Linares Cala E., (2013). Léxico Estratigráfico de Cuba. Centro nacional de Información Geológica. Habana. 457 pág.

41. Magaz A.R. Principales problemas actuales de la geomorfología de Cuba y su importancia en la economía nacional. *Ciencia de la Tierra y el Espacio*, No.15-16, 1989.
42. Molerio-León, L.F., y Flores-Valdés, E., 2003. Hidrogeología y geomorfología cársica de Valle Ancón, Pinar del Río, Cuba. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 24 (3): 3-9.
43. Molerio-León, L.F., Guerra-Oliva, M.G., y Flores-Valdés, E., 1983. Geomorfología e Hidrogeología Cársica del Valle de Pan de Azúcar, Sierra de los órganos, Pinar del Río. *Voluntad Hidráulica*, 62: 23-36.
44. Nagy N. Ensayo de las zonas estructuro faciales de Cuba oriental, contribución geológica de Cuba oriental. Editorial Ciencia y Técnica, ACC, 1983.
45. Nagy E. y otros. Informe de los trabajos de levantamiento geológico para el mapa en escala 1: 250 000 del territorio de la antigua provincia de Oriente. ACC, 1976.
46. Nuñez Jiménez A. Cuevas y Carso. EMFAR, 1984.
47. Oliva G. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía, ACC, 1989.
48. Pedraza Gilsanz J de, Geomorfología fluvial y lacustre. Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda. Madrid, 1996
49. Pérez Aragón, R.O., Peñalver-Hernández, L.L., Triff-Oquendo, J., y Rivada Suárez, R., 2001. Nuevos datos sobre la geomorfología de las terrazas marinas de la región Habana-Matanzas. En: IV Congreso Cubano de Geología y Minería, Memorias Geomin 2001, La Habana, marzo 19-23.
50. Pérez M. D., (2012). Confección de Mapas Morfométricos. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 52 pág.
51. Portela A. Relieve, Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, 1989.
52. Quintas F., Cobiella J., Campos M. Estratigrafía y tectónica de Cuba oriental y Camagüey. Departamento de Geología, I.S.M.M., 1985.
53. Resúmenes. II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (Geociencias' 2007). Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana.

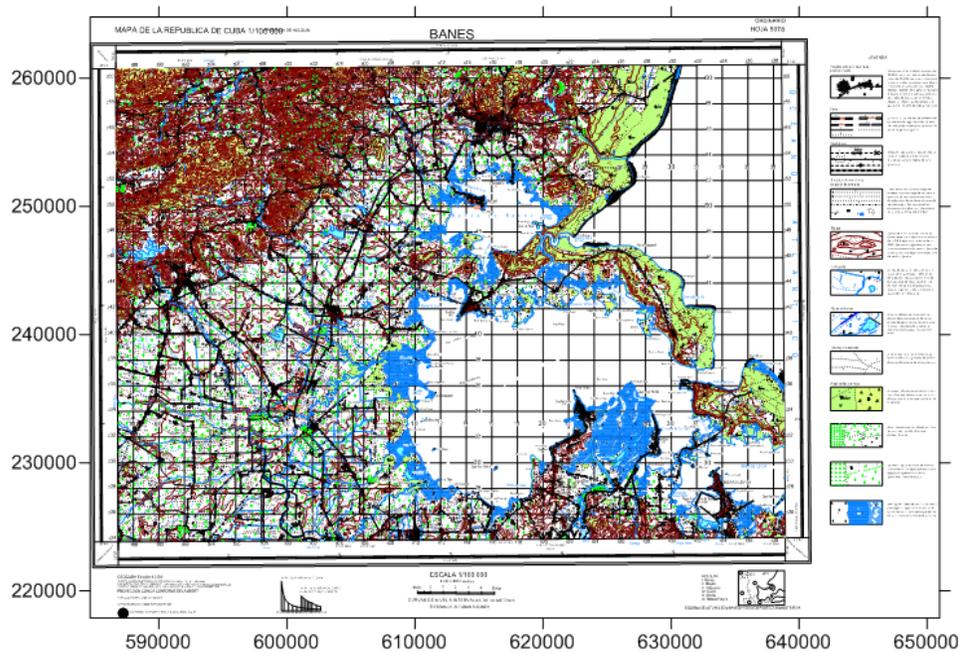
54. Rodríguez I, A. Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. Tesis doctoral, I.S.M.M. 1999
55. Rodríguez A, Carralero N, Conde M. Estudio de las estructuras sismogeneradoras Quesigua y El Medio al este de la ciudad de Moa. Rev. Minería y Geología. Vol. XVII, N° 2 y 3. 2000.
56. Rodríguez-Infante, A., 2001. Geomorfología de la región de Moa. En: IV Congreso Cubano de Geología y Minería, Memorias Geomin 2001, La Habana, marzo 19-23.
57. Rodríguez-Basante, B., 2007. Investigaciones geofísicas en el parque eólico Gibara, Holguín. En: Memorias, Trabajos y Resúmenes. II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (Geociencias' 2007). Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, La Habana.
58. Seco, R. (1982). *Geomorfología*. La Habana. 349 p.
59. Tapia M. E. Breve memoria explicativa del Mapa Geológico 1:50 000
60. Taylor, Richard C., 1837. Notes relative to the geology of a portion of the district of Holguín in the Island of Cuba and the Mineral Region on the Northeast Coast. *Philosophical Magazine Series* 3, 11: 17-33. doi: 10.1080/14786443708649222.
61. Vidal, Y. C. (2005). Valoración de los recursos minerales no metálicos del municipio Banes en función al desarrollo sostenible y ordenación del territorio. Materiales de construcción. Dr. Carlos A. Leyva Rodríguez. ISMM: 78
62. Zapata-Balanqué, J.A., 2007. Mapas de microzonificación sísmica de las ciudades de Santiago de Cuba y Guantánamo para propuestas de ordenamiento territorial y gestión local de riesgos.

Anexos

Anexo 1: Mapa geológico de la zona de Banes.



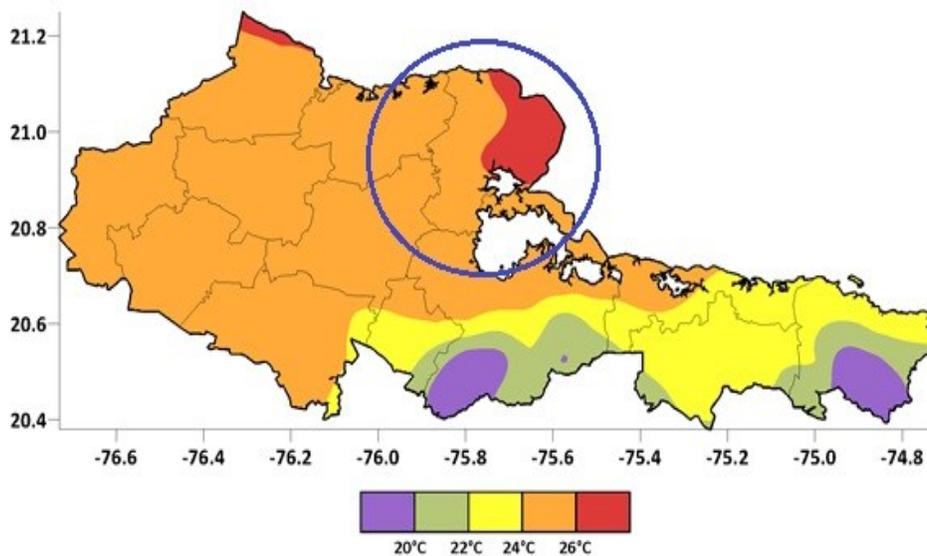
Anexo 2: Carta topográfica Banes



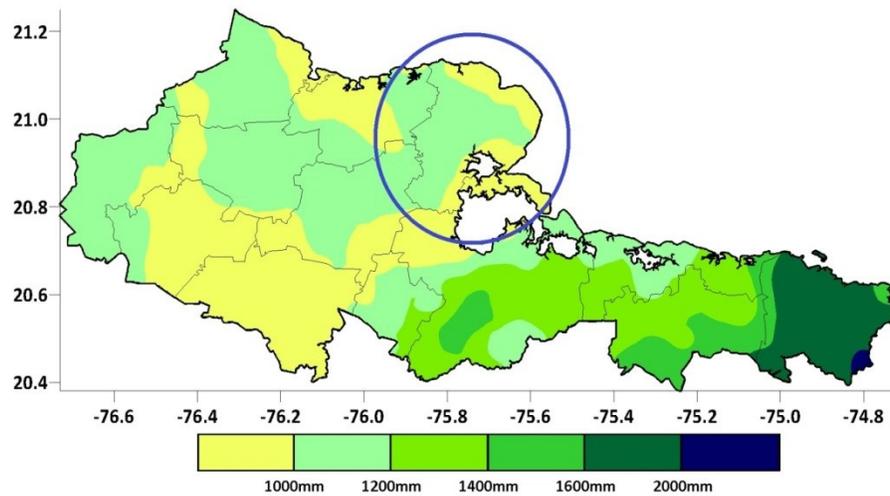
Anexo 3: Mapa de zonación sísmica de la región oriental.



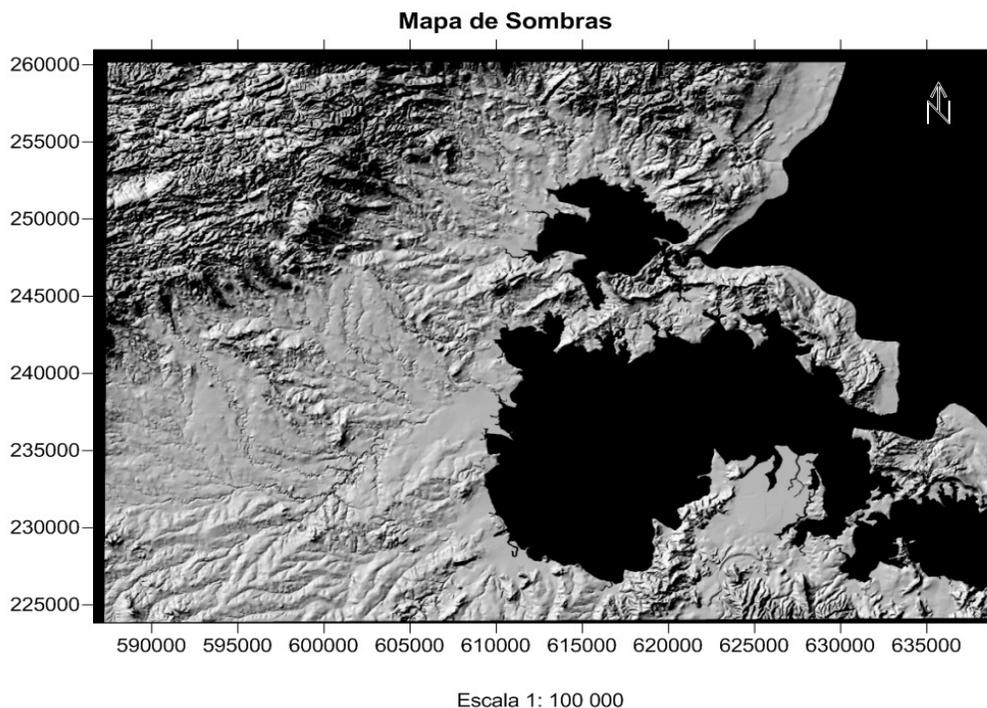
Anexo 4: Distribución anual de la temperatura media del aire en la provincia Holguín según la norma climática 1981-2010.



Anexo 5: Distribución anual de los acumulados de precipitación en la provincia Holguín según la norma climática 1981-2010.



Anexo 6: Mapa de Sombras generado a partir del Modelo Digital del Terreno.



Anexo 7: Modelo Digital del Terreno (MDT)

