



**Facultad Geología y Minas  
Departamento de Geología**

# Trabajo de Diploma

En opción al Título de  
Ingeniero Geólogo

**Título: Evaluación de la vulnerabilidad de geositos  
en Moa frente a riesgos geológicos y  
antropogénicos.**

Autor: Lester Rodríguez Cuñat

Tutores: Dr. C. Yurisley Valdes Mariño

**PENSAMIENTOS:**

**La duda es uno de los nombres de la inteligencia.**

**-Jorge Luis Borge.**

**DEDICATORIA:**

A la familia por ser parte esencial de mi vida.

A todos los que han contribuido a mi formación como un profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Nos gustaría expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera invaluable en la realización de esta investigación. Sin su apoyo, dedicación y conocimientos, no habría sido posible lograr nuestros objetivos.

## **RESUMEN**

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad de los geositos seleccionados en el Municipio de Moa frente a los riesgos geológicos y los impactos antropogénicos. Se busca identificar los factores que influyen en su fragilidad intrínseca y proponer medidas efectivas para mejorar su gestión y conservación. El diseño de la investigación consta de varias etapas donde se realiza una caracterización de 18 geositos, evaluación de su vulnerabilidad ante riesgos geológicos y antropogénicos, y análisis detallado de los factores de riesgo identificados. Los resultados obtenidos revelan la vulnerabilidad de los geositos, se identifican las amenazas y factores que ponen en peligro su conservación. Se proponen 7 prácticas para mejorar su gestión y conservación, lo que asegura su protección y preservación a largo plazo y permite que estas valiosas áreas naturales y geológicas puedan ser apreciadas por las generaciones futuras.

## SUMMARY

This research aims to assess the vulnerability of selected geosites in the province of Santiago de Cuba to geological risks and anthropogenic impacts. The objective is to identify factors influencing their intrinsic fragility and propose effective measures for their management and conservation. The research design consists of several stages: characterization of 14 geosites, evaluation of their vulnerability to geological and anthropogenic risks, and detailed analysis of the identified risk factors. The results obtained reveal the vulnerability of the geosites, identifying threats and factors endangering their conservation. Seven practices are proposed to improve their management and conservation, ensuring their long-term protection and preservation, allowing these valuable natural and geological areas to be appreciated by future generations.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....  | 6  |
| CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS FÍSICO - GEOGRÁFICAS, GEOLÓGICAS REGIONALES Y PARTICULARES DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 10 |
| 1.1 Introducción .....  | 10 |
| 1.2 Ubicación geográfica del área de estudio .....  | 10 |
| 1.3 Características socioeconómicas regionales .....  | 11 |
| 1.4 Particularidades climáticas de la región.....   | 11 |
| 1.4.1 Precipitaciones .....   | 11 |
| 1.4.2 Humedad y evaporación .....   | 12 |
| 1.4.3 Vientos .....   | 12 |
| 1.4.4 Temperaturas y presiones atmosféricas .....   | 12 |
| 1.5 Geomorfología regional .....  | 13 |
| 1.6 Geología regional y local .....   | 14 |
| 1.7 Tectónica regional.....   | 16 |
| 1.8 Características hidrográficas e hidrogeológicas de la región.....   | 20 |
| 1.9 Vegetación regional .....   | 22 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS .....   | 25 |
| 2.1 Introducción. ....  | 25 |
| 2.2 Etapa I. Recopilación de la información y revisión bibliográfica.....                                       | 25 |
| 2. 2. 1. Antecedentes históricos internacionales .....  | 26 |
| 2. 2. 2. Trabajos Precedentes en Cuba .....   | 29 |
| 2. 2. 4. Método de evaluación del estado de conservación de los geositos. ....                                  | 40 |
| 2.3 Etapa II. Trabajo de campo. ....  | 45 |
| 2.4 Etapa III. Procesamiento de la Información. ....  | 46 |
| CAPÍTULO III: Peligros naturales en sitios de interés geológico en el Municipio de Moa                          | 47 |
| 3.1. Caracterizar y evaluar vulnerabilidad en los sitios de interés geológico en la el Municipio de Moa .....   | 47 |
| Geositos 1. Gabros bandeados (Cayo Guam-Camarioca) .....  | 47 |
| Geosito 2. Arcillas Caolínicas de Cayo Guam. ....   | 48 |
| Geosito 3. Cascada Cayo Guam .....  | 49 |
| Geosito 4. Monolito Cayo Guam.....  | 51 |

|  |    |
|--|----|
| Geosítio 5. Cascada Vista Hermosa, Cayo Guam.....  | 52 |
| Geosítio 6. Poza del Che.....  | 54 |
| Geosítio 7. Socavón Mina Cromita Cayo Guam 2. ....   | 56 |
| Geosítio 8. Cascada de cromita , Cayo Guam. ....   | 57 |
| Geosítio 9. Mirador Buenavista .....   | 59 |
| Geosítio 10. Yacimiento mercidita (antigua mina).....  | 61 |
| Geosítio 11. Cueva de farallones .....   | 62 |
| Geosítio 12. Ópalos de río Cabaña .....  | 64 |
| Geosítio 13. Diques de gabro-rodingitas, Yaguaneque .....  | 66 |
| Geosítio 14. Vetas de magnesita en roca ultrabásica .....  | 67 |
| Geosítio 15. Loma la vigía.....  | 69 |
| Geosítio 16. Corte laterítico sobre rocas ultrabásicas. ....   | 71 |
| Geosítio 17. Tibaracón río jiguani .....   | 73 |
| Geosítio 18. Playa cayo Moa .....  | 74 |
| 3.2. Análisis de los principales factores de riesgo que podrían llevar a la destrucción de los geosítios. .... | 77 |
| 3.3. Acciones de preservación de los geosítios. ....   | 85 |
| CONCLUSIONES .....   | 87 |
| RECOMENDACIONES.....   | 88 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 89 |



## INTRODUCCIÓN

El estudio de la geodiversidad y el patrimonio geológico emerge como una disciplina científica contemporánea dentro del ámbito de la Geología. Su propósito fundamental es resaltar las características geológicas específicas de una región, estableciendo estrategias efectivas para su clasificación y conservación. Este enfoque científico busca un equilibrio didáctico entre el medio ambiente y la sociedad, adoptando los principios del desarrollo sostenible y la producción más limpia en consonancia con las normativas ambientales.

La evaluación, clasificación y diagnóstico del patrimonio geológico no solo representan una estrategia de gestión ambiental y social en diversas naciones, sino que también introducen un componente crucial en la comprensión y mitigación de los riesgos geológicos. Alineada con los principios del desarrollo sostenible, esta metodología no solo busca preservar la riqueza natural del planeta, sino que también se convierte en un instrumento vital para la divulgación y la educación en torno a los riesgos geológicos.

El patrimonio geológico, considerado un bien común, revela a través de los geositios la historia geológica regional, proporcionando valiosas perspectivas sobre la evolución del entorno. Esta comprensión profunda de la geodiversidad no solo enriquece el conocimiento científico, sino que también sirve como base esencial para evaluar y abordar los riesgos asociados con fenómenos geológicos, contribuyendo así a la seguridad y resiliencia de las comunidades locales (Calunga La, 2023; Cáseres Cimet et al., 2022).

Estos geositios no solo representan un recurso invaluable para la comunidad científica, sino que también se revelan como activos pedagógicos para la formación de estudiantes. La apertura hacia la sociedad en general y la posibilidad de compartir este conocimiento con turistas y visitantes interesados en comprender la evolución del paisaje, refuerzan su papel como patrimonio auténtico (Garavito Higuera, 2006).

En la actualidad, el creciente interés por la conservación del medio ambiente y la difusión globalizada del conocimiento ha permitido observar cómo se gestionan los geositios, considerados lugares de importancia primordial en la herencia geológica del planeta. Además, se han establecido diversas categorías y denominaciones para estos sitios, respaldadas por la colaboración de organismos nacionales e internacionales, tanto gubernamentales como no gubernamentales, que contribuyen activamente a su preservación.

En el año 1996, durante el 30° Congreso Geológico Internacional celebrado en Beijing, surgió la preocupación por encontrar un medio de proteger el valioso patrimonio geológico. Esta inquietud llevó a la propuesta de crear geoparques como una forma de preservar y promover tanto el patrimonio geológico como el desarrollo económico sostenible de estas áreas (Zouros & Mc Keever, 2004).

A lo largo del tiempo, la sociedad ha transformado su percepción del entorno, incorporando la protección del medio ambiente y la promoción de un desarrollo sostenible como derechos, necesidades y responsabilidades fundamentales. Este cambio de enfoque impulsa a la sociedad a buscar, de manera creativa, mejoras continuas sin redundancias, considerando la innovación como el motor para la evolución sostenible (Penagos, 2009)

Los elementos geológicos de especial interés no son una excepción, ya que son parte integral del patrimonio natural y poseen un valor intrínseco. Por esta razón, muchos países llevan a cabo proyectos de inventario, diagnóstico, promoción, gestión de estos recursos y estudios de vulnerabilidad en geositios (Poch, 2019).

El estudio de los peligros naturales en el Municipio de Moa se enmarca dentro del concepto y definiciones generales que los caracterizan como fenómenos naturales que ocurren en áreas pobladas o con infraestructuras susceptibles de sufrir deterioro o daño. En este sentido, según Burton et al., (1978) se entiende por peligro natural aquellos elementos del entorno físico que son perjudiciales para los seres humanos y que son causados por fuerzas externas a ellos.

Resulta relevante destacar que, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización de Estados Americanos (OEA, 1991), el término "peligro natural" se utiliza para referirse a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos y geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos), así como aquellos originados por el fuego que, debido a su ubicación, severidad y frecuencia, pueden afectar adversamente a las personas, sus estructuras y actividades.

Los geositios son ejemplos de formaciones rocosas, formas de relieve y procesos naturales únicos o representativos a nivel regional, nacional e incluso mundial, que permiten ilustrar y reconstruir la historia natural del territorio en el que se ubican (UNESCO, 2007). En la zona costera mencionada se han identificado varios geositios de interés para la geomorfología, la geología y la paleontología, gracias a la singularidad de su paisaje característico del sistema montañoso. Estos geositios, junto con otras áreas de protección en el municipio de Moa, están respaldados por diferentes instrumentos normativos como la ley de patrimonio geológico (Gaceta

Oficial de la República de Cuba, 2020) que regula y establece la metodología de inventarios de sitios de interés geológica en Cuba.

Los geositorios del municipio de Moa poseen una relevancia geológica y cultural significativa (Corpas, 2017), atrayendo a visitantes locales e internacionales interesados en explorar y admirar su belleza natural y su valor científico. Sin embargo, estos sitios no están exentos de peligros naturales que pueden comprometer su integridad y seguridad (Abreu Fernández, 2019; Betancourt & Elías, 2019).

Los peligros naturales, como terremotos, deslizamientos de tierra y eventos de inundación, representan una amenaza latente en los geositorios del Municipio de Moa (Castelló Bruzón, 2022; Garavito Higuera, 2006; González Villavicencio, 2022; Guardado-Lacaba & Almaguer-Carmenate, 2001; Pérez et al., 2008; Puig, 2007) que pueden tener un impacto directo en las formaciones geológicas, paisajes y entornos naturales, genera modificaciones significativas y pone en riesgo la infraestructura y la seguridad de las personas que visitan estos lugares (Cantillo Frómeta, 2022).

Otros estudios realizados definen los factores geológicos y geomorfológicos que contribuyen a la ocurrencia de estos peligros, así como su frecuencia y magnitud histórica (Cordoví & Deulofeu, 2021; Domínguez et al., 2019; Fernández & Madian, 2019; Galbán-Rodríguez et al., 2021; Morejón-Blanco et al., 2021; Rosabal-Domínguez et al., 2022; Rosabal-Domínguez et al., 2021).

El conocimiento de los peligros naturales presentes en Moa (Cantillo Frómeta, 2022; Casal Barallobre, 2022; Hernández-Fernández et al., 2019; Hernández Columbié & Guardado Lacaba, 2023; Lobaina et al., 2023; Mulet-Hing et al., 2023; Padilla, 2023; Rojas Sánchez et al., 2022; Zuñiga-Fuentes & Fernández-Diéguéz, 2020) es fundamental para implementar medidas de gestión y planificación adecuadas que permitan minimizar los riesgos y conservar estos valiosos recursos geológicos al no considerar la vulnerabilidad de los geositorios ante los diferentes peligros naturales identificados, excluyendo los aspectos como la fragilidad intrínseca de las formaciones geológicas, la infraestructura construida en los alrededores y la exposición de las áreas (Calunga La, 2023).

Actualmente en el Municipio de Moa no se han llevado investigaciones referentes al cuidado y protección del patrimonio geológico, por esta razón surge la necesidad de evaluar el estado de conservación y vulnerabilidad que presentan los geositorios a partir de parámetros predefinidos que permita la elaboración de estrategias para su conservación.

**Problema científico:**

La ausencia de una evaluación integral de la vulnerabilidad de los geositos seleccionados en el Municipio de Moa frente a los riesgos geológicos y los impactos antropogénicos, junto con la falta de medidas efectivas para su gestión y conservación, plantea una amenaza significativa para la integridad y preservación de estos destacados sitios naturales y geológicos.

**Objeto de estudio:**

Sitios de interés geológico

**Campo de acción:**

Vulnerabilidad de los geositos.

**Objetivo general:**

Caracterizar los sitios de interés geológico en el municipio Baracoa mediante la identificación de los factores naturales y antrópicos que inciden en la vulnerabilidad para su protección y conservación

**Hipótesis:**

La correcta caracterización de los sitios de interés geológico en el municipio de Moa permitirá evaluar su vulnerabilidad, identificar factores de riesgo y proponer medidas de preservación.

**Objetivos específicos:**

1. Caracterizar los sitios de interés geológico en el Municipio de Moa
2. Evaluar la vulnerabilidad de los geositos seleccionados frente a los riesgos geológicos y los impactos antropogénicos.
3. Identificar los principales factores de riesgo que podrían llevar a la destrucción de los geositos.
4. Proponer medidas efectivas para preservar la integridad de los geositos y garantizar su conservación a largo plazo.

**Impactos esperados:**

1. Promover y contribuir a preservar la geodiversidad y el patrimonio geológico.
2. Promover el conocimiento en los estudiantes y la población en general.
3. Resaltar la importancia geológica, en función de mejorar la cultura y sus posibilidades de contribuir a la protección del medio ambiente.
4. Identificar los lugares del territorio que presentan importancia científica y que por malas decisiones o desconocimiento se encuentran afectados o en vías de ser dañados y de perder la importancia que los define.

## **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **Patrimonio Geológico**

Está constituido por el conjunto de enclaves naturales, básicamente de carácter no renovable (aunque no exclusivamente) tales como formaciones rocosas, estructuras y acumulaciones sedimentarias, formas, paisajes, yacimientos minerales o paleontológicos, lugares hidrogeológicos, o colecciones de objetos geológicos de valor científico, cultural o educativo, cuyas características, sobre todo las relativas a su exposición y contenido, permiten reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la historia geológica que ha modelado una determinada región y, en última instancia, de la Tierra (López-Martínez et al., 2005).

También, Urquí, (2014) define al Patrimonio Geológico como los elementos geológicos que presentan una especial singularidad debido, fundamentalmente a su interés científico o didáctico. Constituye una parte importante del patrimonio natural e incluye formas, elementos y estructuras originadas por cualquier proceso geológico. Así que está formado por todos aquellos enclaves relevantes para cualquier disciplina de la geología.

Son muchas las conceptualizaciones que se tienen del Patrimonio Geológico pero una de las definiciones más completas y discutidas a nivel mundial, es la propuesta de (Cendrero, 1996), donde se refiere al Patrimonio Geológico como: Conjunto de recursos naturales, no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras geológicas, acumulaciones sedimentarias, formas del terreno o yacimientos minerales, petrográficos o paleontológicos, que permiten reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la historia de la Tierra y de los procesos que la han modelado, con su correspondiente valor científico, cultural, educativo, paisajístico o recreativo (Inga, 2018).

### **Geodiversidad**

Una de las definiciones más integradoras se debe a Kozłowski, para quien la geodiversidad es la: “variedad natural en la superficie terrestre, referida a los aspectos geológicos, geomorfológicos, suelos, hidrología, así como otros sistemas generados como resultado de procesos naturales (endógenos y exógenos) y la actividad humana”. Desde esta misma perspectiva integradora, Serrano et al., (2009) han definido la geodiversidad como “la variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre y los mares y océanos, junto a

sistemas generados por procesos naturales, endógenos y exógenos, y antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares” (Cañadas & Flaño, 2007). Aunque son conceptos diferentes, el término ‘geodiversidad’ se encuentra en estrecha relación con el ‘patrimonio geológico’, ya que mientras la geodiversidad se refiere a la variedad de elementos, el patrimonio geológico se refiere al valor de los mismos.

### **Geositio o Lugar de Interés Geológico (LIG)**

Los Geositios representan una categoría ambiental reconocida a nivel internacional; denomina a “una localidad, área o territorio en la cual es posible definir un interés geológico-geomorfológico para la conservación”. Incluye formas de particular importancia por la rareza o representatividad geológica, por su interés científico, su valor didáctico, su importancia paisajística y su interés histórico-cultural (W. A. Wimbledon et al., 1995).

### **Geoconservación**

El término geoconservación fue acuñado y comenzó su uso en la década de 1990. Autores como Sharples, (2002) y Brocx & Semeniuk, (2007) consideran que la geoconservación es la conservación o preservación de las características de la ciencia de la tierra para fines de patrimonio, ciencia o educación. Otros autores utilizan el término de forma similar. Etimológicamente, combina la acción de conservación con "geos" (la Tierra), lo que implica la conservación específicamente de características que son geológicas. La geoconservación implica la evaluación del patrimonio geológico con fines de conservación y manejo de la tierra, lo que lleva a la protección de sitios importantes por ley. En la literatura internacional, la geoconservación tiene un alcance más amplio del que se trata aquí, que involucra la conservación de sitios de importancia geológica, pero también trata y está involucrado en asuntos de gestión ambiental, riesgos geológicos, sostenibilidad y patrimonio natural en relación con el mantenimiento de hábitats, biodiversidad y ecosistemas en general (Brocx & Semeniuk, 2007).

### **Georecurso**

Valderrama et al., (2013) hace referencia al elemento o conjunto de elementos, lugares o espacios de valor y significación geológica que cumplen, al menos, una de las siguientes condiciones:

- Que tengan un elevado valor científico y/o didáctico y, por tanto, deban ser objeto de una protección adecuada y de una gestión específica.

- Que sean utilizables como recurso para incrementar la capacidad de atracción del territorio en el que se ubican y, en consecuencia, de mejorar la calidad de vida de la población de su entorno.

El concepto de Georecurso prima las perspectivas de recurso y de desarrollo sostenible, ya que se considera:

- Bien natural y cultural del territorio, al igual que el resto de recursos del patrimonio natural (flora, fauna, ecosistemas, etc.).
- Activo socioeconómico con capacidad de sustentar actividades científicas, educativas, turísticas y recreativas y, en consecuencia, de promover el desarrollo de las áreas rurales.

## **Riesgo Geológico**

### **Movimiento de masas**

Los movimientos de masas son un fenómeno geológico común en el Municipio de Moa debido a su topografía montañosa y a la presencia de suelos y rocas inestables. Estos movimientos de masas incluyen deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas y flujos de lodo, y pueden ser causados por una variedad de factores, incluyendo la lluvia intensa, la actividad sísmica, la erosión del suelo y la actividad humana.

En el Municipio de Moa, los movimientos de masas son un problema importante debido a la presencia de zonas de inestabilidad geológica y a la urbanización en áreas de alto riesgo. En algunas zonas de la ciudad, la construcción de viviendas y edificios en laderas inestables ha aumentado el riesgo de deslizamientos y derrumbes.

Las autoridades locales del municipio Moa han implementado medidas para reducir el riesgo de movimientos de masas en la región, incluyendo la identificación y monitoreo de zonas de alto riesgo, la construcción de muros de contención y la reforestación de áreas deforestadas para reducir la erosión del suelo.

Es importante que las personas que viven en Moa estén informadas sobre los riesgos de movimientos de masas y tomen medidas para protegerse, como evitar construir en zonas de alto riesgo, seguir las recomendaciones de las autoridades locales y tener un plan de emergencia en caso de un evento sísmico o de otro tipo de desastre natural.



### **Deslizamiento**

La presencia de montañas y valles en la región hace que sea susceptible a deslizamientos de tierra, especialmente durante períodos de lluvia intensa. Los deslizamientos de tierra pueden causar daños a las propiedades y poner en riesgo la vida de las personas.

### **Erosión**

La erosión es un proceso natural que afecta el suelo y las rocas en el municipio de Moa, y es el resultado de la acción del agua, el viento y la actividad biológica. Además, la erosión puede contribuir a la ocurrencia de movimientos de masas, como deslizamientos y derrumbes, que pueden ser peligrosos para las personas que viven en la región (Cervantes Guerra et al., 2009; Columbié & Lacaba, 2023; Igarza Sánchez, 2019; Mayet Núñez, 2022).

Las actividades humanas, como la agricultura intensiva, la deforestación y la urbanización, pueden aumentar la tasa de erosión en Moa. Por esta razón, las autoridades locales han implementado medidas para reducir la erosión del suelo, como la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, la construcción de terrazas y muros de contención, y la reforestación de áreas deforestadas (Palacio-Prieto et al., 2016) (Borges Terrero et al., 2019; Maclaren Leyet, 2018; Mayet Núñez, 2022).

### **Intemperismo**

En el Municipio de Moa, el intemperismo es un proceso importante debido al clima tropical húmedo de la región y a la presencia de una gran variedad de rocas y suelos. La exposición prolongada a la lluvia y la humedad, así como a la actividad biológica, puede provocar la descomposición química y física de las rocas y la alteración de sus minerales. La acción de las raíces de las plantas, los animales y los microorganismos también puede contribuir a la erosión y alteración del suelo y las rocas.

# CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS FÍSICO - GEOGRÁFICAS, GEOLÓGICAS REGIONALES Y PARTICULARES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

## 1.1 Introducción

En el presente capítulo se describen los principales rasgos físicos-geográficos geológicos, geomorfológicos, tectónicos, climáticos e hidrogeológicos del sector analizado, así lo cual permitirá conocer de forma general el área de estudio.

## 1.2 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio se encuentra enmarcada en la zona del municipio de Moa, el cual se ubica al noreste de la provincia de Holguín, limita al Este con el municipio Baracoa, separados por los ríos Jiguaní y Moa; al Sur con el municipio de Yateras, cuya frontera la establece el origen del río Toa; al Oeste con los municipios Frank País y Sagua de Tánamo; y al Norte con el Océano Atlántico. El municipio posee una franja costera de unos 40 Km, que se extiende desde Playa La Vaca hasta la desembocadura del río Jiguaní. Próximos a la costa se encuentran Cayo Moa Grande, Cayo Chiquito y Cayo del Medio en la Bahía de Yamanigüey. La región en estudio tiene un área de 732,18 Km<sup>2</sup>, la cual forma parte del grupo montañoso Sagua-Moa-Baracoa (Chacón Moreira, 2015; Cruz Ramírez, 2019; Pulido Fernández et al., 2015) (Ver Figura 1).

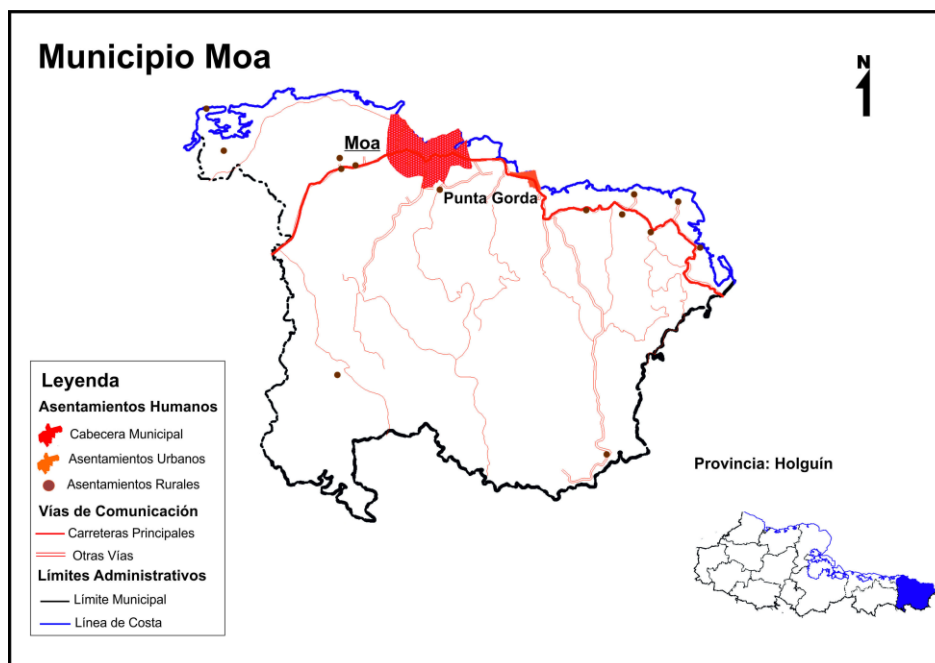


Figura 1. Esquema de ubicación geográfica (Viltres Milán, 2011).

### **1.3 Características socioeconómicas regionales**

El municipio Moa se caracteriza por la complejidad de los procesos geológicos -geomorfológicos que le dieron origen. En él existen extensas cortezas de meteorización, que permite el desarrollo de la minería y metalurgia en la región y por ende su crecimiento económico, social y cultural. En 1963 se crea el municipio de Moa perteneciente a la región minera de la provincia de Oriente y en 1976 por división política administrativa, pasa a la provincia de Holguín. Hoy, Moa cuenta con varios centros de enseñanza, hospitales, hoteles, un aeropuerto y otras instalaciones que favorecen el desarrollo económico, social y cultural en el municipio. Cuenta además con las plantas procesadoras de níquel comandantes Pedro Soto Alba y Ernesto Guevara de la Serna.

El poblado de Yamanigüey cuenta con una población de 2394 habitantes (Ecured, 2019). La localidad tiene dos consultorios médicos, una escuela primaria, un sector de la PNR (Policía Nacional Revolucionaria), una farmacia, una tienda de abastecimiento, un puesto de TRD (Tiendas Recaudadoras de Divisas), una cafetería, una panadería, una base de pesca y un puesto de correos de Cuba.

### **1.4 Particularidades climáticas de la región**

El clima de la zona de estudio es tropical con abundantes precipitaciones, lo que está estrechamente relacionadas con el relieve montañoso y la dirección de los vientos alisios provenientes del océano Atlántico cargados de humedad.

#### **1.4.1 Precipitaciones**

En el periodo evaluado las precipitaciones presentan un valor anual que oscila entre 261,70 - 1962,30 mm (milímetros), por lo que es unas de las mayores pluviometrías del país. Se identifican dos períodos de lluvia (mayo - junio y octubre - febrero) y dos de sequías (marzo - abril y julio - septiembre). En los cuatro años evaluados los mayores valores de precipitaciones corresponden con el mes noviembre (1962,30 mm) y los valores más bajos de precipitaciones lo encontramos en el mes de junio (261,70 mm). El pluviómetro utilizado para analizar el comportamiento de las precipitaciones en el periodo investigado está ubicado en la localidad de Cañete en las coordenadas X: 716,70 Y: 213,40 a una altura de 200 m (metros) sobre el nivel de mar.

En la Figura 2 se muestra el promedio de las precipitaciones anuales de la serie temporal 2014 - 2018. Tomado de (INRH de Moa, 2014 - 2018).

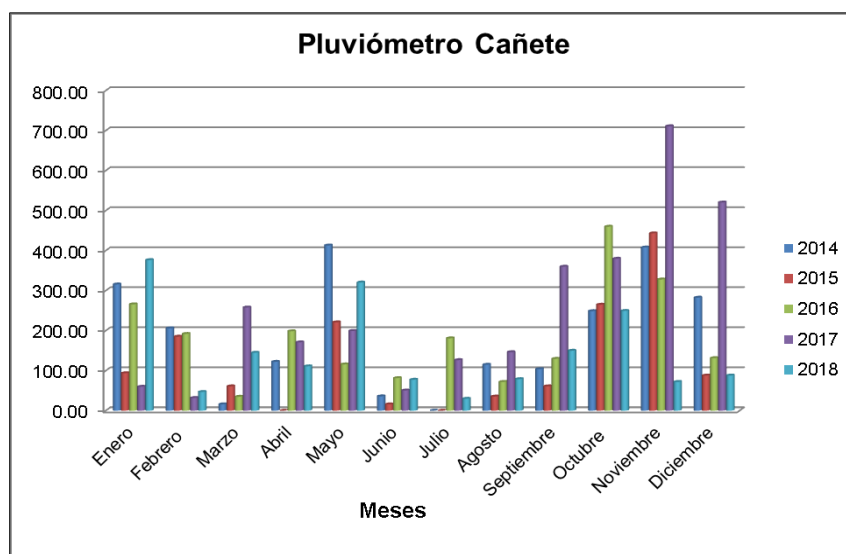


Figura 2. Precipitaciones mensuales desde el 2014 hasta 2018 Valores tomados del registro de precipitaciones del pluviómetro ubicado en Cañete.

### 1.4.2 Humedad y evaporación

La humedad relativa media anual es de 85 %, los meses de mayor humedad son diciembre con un 94 %, noviembre con un 86 % y octubre con un 90 %. Estos tres meses son el período de mayor humedad relativa del territorio. La evaporación anual presenta valores entre 2200 - 2400 mm; los meses de julio y agosto son los más secos (Viltres Milán, 2010).

### 1.4.3 Vientos

Los vientos son de moderada intensidad, en superficie presentan dirección noreste - este fundamentalmente. La distribución frecuencial anual de la dirección e intensidad del viento durante el año muestra que el sur es la más notable, con un 37,41 %, seguido de los vientos de sentido norte - este con 32,52 %, mientras que el resto de las direcciones poseen una frecuencia inferior al 10 %, lo que es la dirección oeste la de menor ocurrencia, con un 0,41 % (Viltres Milán, 2010).

### 1.4.4 Temperaturas y presiones atmosféricas

La temperatura media anual oscila entre 22,6°C–30,5°C, en el verano se alcanzan valores de 30°C hasta 32°C y en el invierno de 22°C a 26°C. Los meses más calurosos son desde julio hasta septiembre y los fríos de enero a febrero. Las presiones atmosféricas presentan una media anual

de 1017,3 hPa (Hectopascal). La media máxima mensual de 1022,2 hPa en el mes de septiembre (Viltres Milán, 2010).

### 1.5 Geomorfología regional

Orográficamente el territorio moense se caracteriza por una alta complejidad, con predominio del relieve de montaña hacia la parte este, con cota máxima de 1139 m sobre el nivel del mar (El Pico Toldo); y ondulado hacia el norte, zona correspondiente a la región costera. La zona montañosa se caracteriza por valores de pendientes que sobrepasan los 450 m y valores máximos de isobasitas de 900 m en el segundo orden y 800 m en el tercero (Polanco Almaguer, 2012).

En el territorio aparecen diversas formas del relieve, en el que tiene mayor relevancia la zona de llanuras (Ver Figura 3). El área de estudio se encuentra enmarcada en las zonas geomorfológicas de montañas bajas aplanadas, montañas bajas direccionadas y llanuras fluviales erosivas acumulativas.

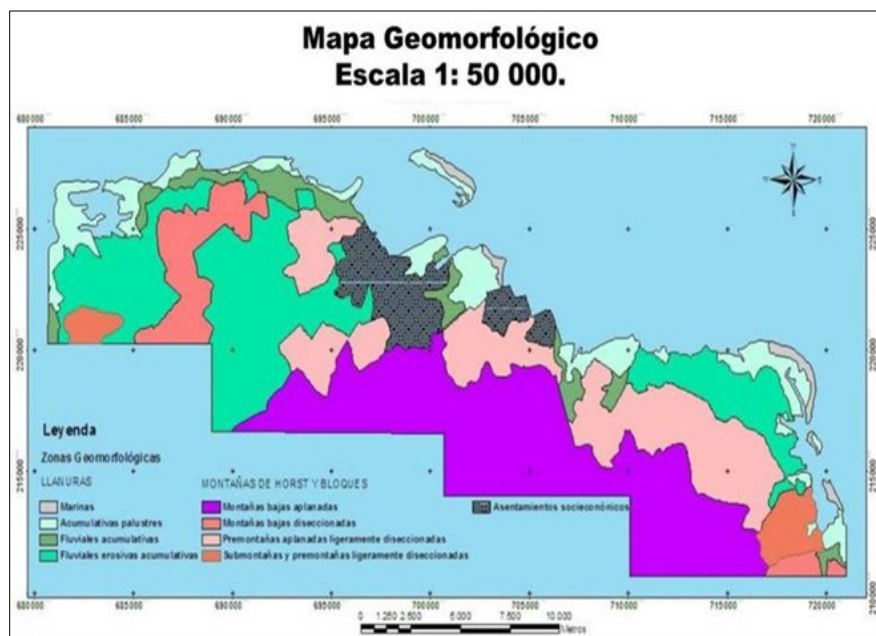


Figura 3. Mapa geomorfológico de Moa. Tomado de Polanco Almaguer, 2012.

El sector de estudio se ubica en el Bloque Cupey, el cual se localiza en el extremo oriental de Moa, desde la falla Quesigüa. Este bloque aparece subdividido en cinco sub - bloques a través de las fallas El Medio, Cupey y Jiguaní con comportamientos diferenciados en los valores morfométricos (Rodríguez Infante, 2007). Este bloque tiene alta intensidad relativa de levantamiento según el mapa de bloques morfotectónicos del municipio Moa (Ver Figura 4).

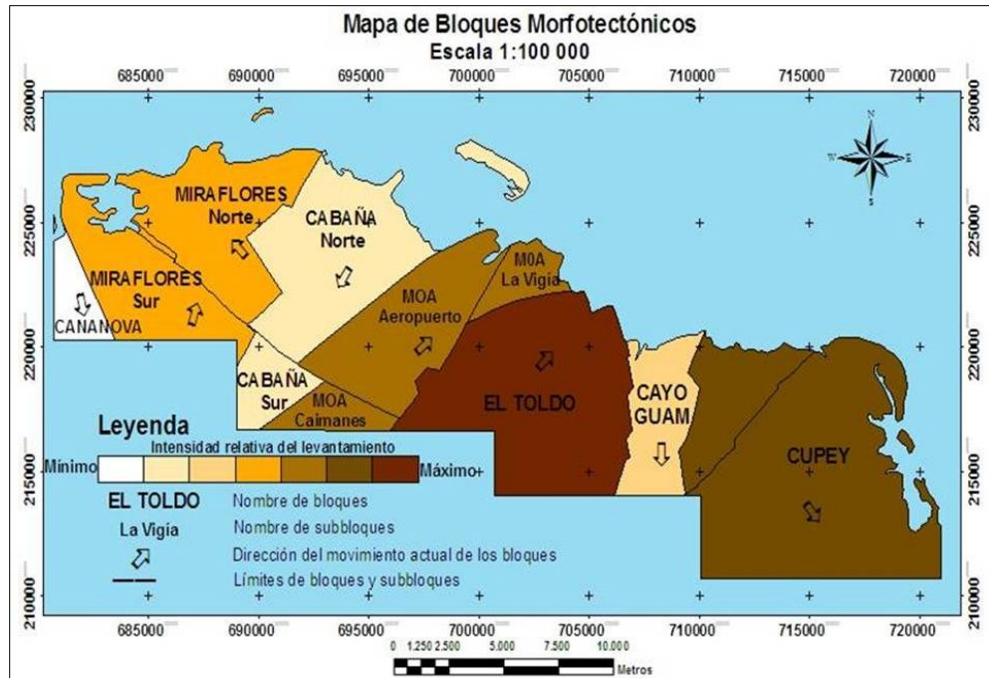


Figura 4. Mapa de bloques morfoestructurales del municipio Moa. Tomado de Polanco Almaguer, 2012.

### 1.6 Geología regional y local

El municipio Moa se encuentra ubicado en el complejo ofiolítico Mayarí - Baracoa, el cual se localiza en el extremo oriental de la Isla de Cuba. En este macizo se pueden distinguir diferentes mantos de cabalgamiento, en los que se aprecian espejos de fricción y escamas tectónicas de diferentes espesores. A continuación, se describe la composición geológica del sector según la información del esquema geológico del área de estudio, escala original 1:100 000, tomado del Instituto de Geología y Paleontología (IGP) 2001 y modificado por Viltres Milán (Ver Figura 5).

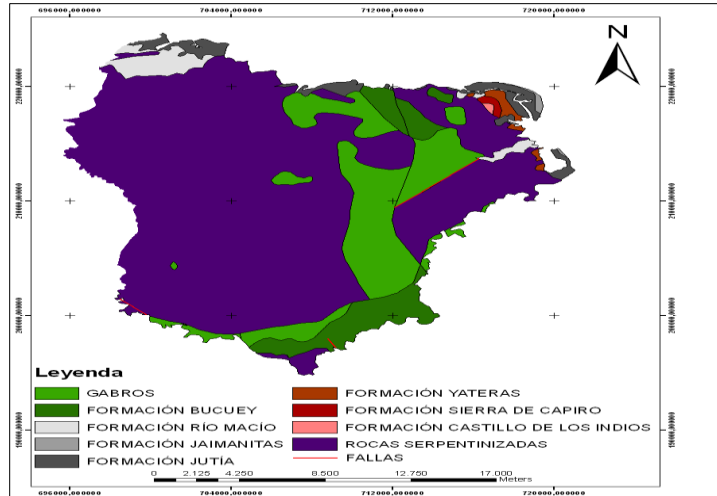


Figura 5. Esquema geológico del área de estudio. Escala original 1:100 000. Tomado de Viltres Milán, 2010.

**Formación Río Macío (Holoceno):** está integrada por materiales aluviales de las terrazas de los ríos Moa, Cabañas y Cayo Guam, aparecen ocho capas de estrato. Está formada por sedimentos arenosos, areno - arcillosos y conglomerados, estos últimos conforman fragmentos de rocas ultramáficas serpentinizadas (peridotitas y harzburgitas). Mineralógicamente, se pueden describir por la presencia de óxido e hidróxido de hierro y aluminio. Los minerales de hierro son hematita, goethita, magnetita y de aluminio principalmente gibbsita. Las arcillas están representadas por montmorillonita. En la parte superior del perfil aparecen materiales orgánicos.

**Formación Jutía (Pleistoceno - Holoceno):** depósitos de pantanos, de mangles, limos y limos arenosos.

**Formación Jaimanitas (Pleistoceno Superior):** calizas biodetríticas masivas, generalmente carsificadas, muy fosilíferas que contienen principalmente conchas bien preservadas y corales de especies actuales y ocasionalmente biohermos. Las bolsas cársticas se encuentran rellenas por una fina mezcla carbonato - arcillosa ferruginosa de color rojo ladrillo. Pasan a calcarenitas masivas o finamente estratificadas y a veces contienen intercalaciones de margas. La cementación es variable. La coloración predominante es blancuzca o amarillenta.

**Formación Yateras (Oligoceno Inferior - Mioceno Inferior parte baja):** alternancia de calizas biodetríticas y detríticas y calizas biógenas de grano fino a grueso, estratificación fina a gruesa o masivas, duras, de porosidad variable, a veces aporcelanadas que frecuentemente contienen grandes Lepidocyclinas. Coloración por lo general blanca, crema o rosácea y con menos frecuencia carmelitas.

**Formación Sierra de Capiro (Eoceno Superior):** constituida por areniscas, aleurolitas y margas bien estratificadas con intercalaciones de conglomerados finos compuestos por cantos de serpentinitas, calizas arrecifales, cristaloclastos de piroxenos y cuarzo y rocas volcánicas. Hacia la base de la formación se localizan olistostromas de bloques de serpentinitas muy alteradas y diabasas. En muchos lugares se observa una clara gradación de conglomerados y areniscas.

**Formación Castillo de Los Indios (Eoceno Inferior - Medio):** margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, limolitas y tobas.

**Formación Bucuey (Cretácico):** tobas y lavobrechas, tufitas, argilitas, limolitas, lavas, conglomerados y calizas.

**Rocas Serpentinizadas del Complejo Ofiolítico:** constituidas por harzburgitas y peridotitas. Se han datado con una edad de Jurásico - Cretácico Temprano. Se considera que estas rocas serpentinizadas poseen un espesor superior a los 1000 m, se presentan en forma de escamas tectónicas muy fracturadas.

**Gabros del Complejo Ofiolítico:** los cuerpos de gabros forman grandes bloques y diques incluidos en el macizo ofiolítico, cuyos contactos con los otros tipos litológicos son generalmente tectónicos, las dimensiones de los cuerpos de gabros varían de 1 a 3 km de ancho y de 10 a 15 km de longitud. Se estima que presentan un espesor medio de 500 m. Muchas veces los cuerpos de gabros están cubiertos por las rocas ultramáficas fundamentalmente peridotitas.

## 1.7 Tectónica regional

Desde el punto de vista geotectónico, en el área existen cuatro sistemas principales de fallas (Rodríguez Infante, 1998). El sistema más antiguo de los reflejados actualmente en la superficie tiene su origen asociado al cese de la subducción que generó la colisión entre el arco insular y el margen continental, lo que origina el emplazamiento del complejo ofiolítico, por lo cual las fallas de este sistema se encuentran espacial y genéticamente relacionadas con los límites de los cuerpos máficos y ultramáficos dentro del complejo.

Un ejemplo de estas estructuras es la falla ubicada al sur de Quesigüa, al este del río de igual nombre, que pone en contacto las serpentinitas ubicadas al norte con los gabros que afloran al sur, así como las fallas que en El Lirial Abajo, Peña y Ramírez y Caimanes Abajo ponen en contacto a las serpentinitas con las rocas de las formaciones La Picota, Mícara y Quibiján respectivamente.



Estas fallas en su mayoría se encuentran pasivas lo que se demuestra por su pobre reflejo en el relieve, donde se puede observar fundamentalmente por el contacto alineado y brusco entre litologías diferentes. Excepción de lo anterior lo constituye la falla ubicada al sur de Quesigüa que aún se refleja a través de un escarpe pronunciado arqueado, con su parte cóncava hacia el norte que sigue la línea de falla, lo que consideramos está asociado a la actividad geodinámica actual del sector, que es considerado uno de los más activos dentro del territorio (Rodríguez Infante, 1998).

El segundo sistema y de mayor importancia en el territorio está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte - noroeste que se desplazan mutuamente y se cortan entre sí, constituido por las dislocaciones más abundantes y de mayor extensión de la región, que indistintamente afectan todas las litologías presentes y son a su vez los límites principales de los bloques morfotectónicos. Su origen se encuentra asociado al proceso de colisión del Arco Volcánico del Cretácico sobre el Paleomargen de Bahamas en el Eoceno Medio. Las principales estructuras representativas de este sistema son las fallas Los Indios, Cayo Guam, Moa, Cabaña, Quesigüa, Miraflores y Maquey (Ver Figura 6).

**Falla Los Indios:** se extiende desde la parte centro meridional del área al oeste de Cayo Chiquito, la cual atraviesa en dirección norte la Bahía de Cananova y reflejándose dentro de la zona nerítica marina a través del desplazamiento de la barrera arrecifal y los depósitos litorales. En varios puntos esta estructura aparece cortada y desplazada por fallas de dirección norte - noreste. Su trazado es en forma de una línea curva cóncava hacia el oeste - sudoeste con un rumbo que oscila entre los 10° y 30° oeste en los diferentes tramos que la conforman.

**Falla Cayo Guam:** con una dirección N15°W, se extiende desde la parte alta del río de igual nombre, siguiéndose con nitidez hasta Punta Yagrumaje. Al igual que la falla Los Indios, esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

**Falla Moa:** dentro del territorio es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con una línea cóncava hacia el este con el arco mayor en la zona de Calentura, haciéndose más recta hacia el norte con una dirección de N48°E, mientras que en su parte meridional tiene un rumbo N25°W.

En la parte norte esta estructura se bifurca en dos tramos, uno de rumbo N35°E denominado La Vigía y el otro de rumbo N74°E nombrado La Veguita, el que atraviesa la zona marina

perilitoral, hasta cortar la barrera arrecifal a la cual limita y afecta, pues en el bloque oriental de la falla, la barrera como tal desaparece, lo que queda reflejada sólo como un banco de arenas, lo que constituye un indicador del sentido de los desplazamientos.

**Falla Cabaña:** se extiende desde el extremo centro occidental del área, al noroeste del poblado de Peña y Ramírez hasta el norte de la ciudad de Moa, la cual corta la barrera arrecifal y limita con el extremo oriental de Cayo Moa Grande. En su parte meridional presenta una orientación N70°E hasta la zona de Zambumbia donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales, donde afloran nuevamente con nitidez al nordeste del poblado de Conrado donde inicia su control estructural sobre el río Cabaña. En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova y toma una orientación N56°E la que mantiene hasta penetrar en el océano Atlántico.

**Falla Quesigüa:** se expresa a través de un arco con su parte cóncava hacia el este nordeste, donde su trazo es más recto un rumbo N10°E y en la meridional, N40°W. Se extiende desde la barrera arrecifal hasta interceptar el río Jiguaní al sudeste del área de trabajo.

**Falla Miraflores:** se extiende en forma de arco cóncavo hacia el este - noreste con un trazo casi paralelo a la falla Moa, con un rumbo N25°W desde el límite sur del área hasta Cayo Chiquito y desde aquí hasta Punta Majá con una orientación N35°E. Su límite meridional al parecer lo constituye la falla Moa al sur del área de trabajo.

**Falla Maquey:** limita y contornea las estribaciones septentrionales de la Sierra del Maquey. Aflora desde la zona de Hato Viejo hacia el sur de La Colorada, con un rumbo N65°E por más de 7 km hasta Calentura abajo donde se cruza con las fallas Moa y Caimanes. En su parte más occidental mantiene una orientación N78°E la que es cortada y desplazada por estructuras de orientación noroeste.

El tercer sistema de estructuras está constituido por dos fallas de tipo strike - slip denominadas Cananova y El Medio. Por la posición que ocupan, orientación y componentes fundamentales de los desplazamientos no tienen similitud con las fallas antes mencionadas y su origen corresponde al Mioceno medio, cuando se inician los movimientos hacia el este de la placa del Caribe a través de la falla Oriente, lo que desarrolla un campo de esfuerzo que provoca la compresión del bloque oriental cubano en la zona de sutura de éste con la Plataforma de Bahamas, lo que originó la ruptura y el reacomodamiento de la corteza.

**Falla Cananova:** presenta un rumbo predominante N53°W. Es cortada en diferentes puntos por estructuras submeridionales, caracterizándose toda la zona de falla por el grado de cizallamiento de las rocas que corta.

**Falla El Medio:** con un rumbo aproximado de N40°E. Al igual que la falla Cananova, origina un alto cizallamiento de las rocas a través de todo su trazo.

El cuarto sistema de fracturas corresponde a estructuras sublongitudinales que aparecen en toda el área pero que tienen su máxima expresión en las zonas periféricas de los sectores de máximo levantamiento, como por ejemplo las fallas a través de las cuales corren algunos tributarios como el arroyo La Veguita del río Moa, el arroyo La Vaca, arroyo Colorado al oeste del Cerro Miraflores y la de mayor envergadura que se encuentra al sur de Caimanes, lo cual permite considerar su origen asociado a procesos de descompresión o expansión de bloques al disminuir las tensiones horizontales que mantienen cohesionado los macizos rocosos debido a los movimientos verticales diferenciales, lo que justifica la ausencia de desplazamientos geológicos y geomorfológicos apreciables. La edad de este sistema es considerado post Mioceno, cuando se inicia el proceso de ascenso definitivo del territorio actual de Cuba oriental.

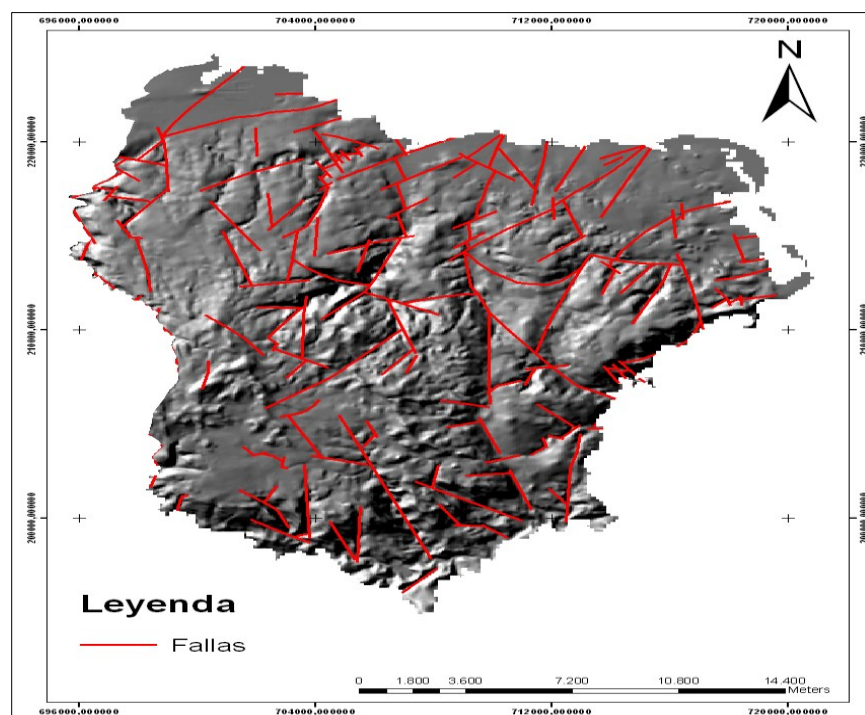


Figura 6. Mapa de fallas del sector este del municipio Moa. Escala 1: 100 000. Tomado de Viltres Milán, 2010.

## 1.8 Características hidrográficas e hidrogeológicas de la región.

La abundancia de precipitaciones, combinada con el relieve y las características del clima, favorece la existencia de una red hidrográfica bien desarrollada, fundamentalmente del tipo dendrítica, que corre de sur a norte, aunque en algunos casos se observa la red subparalela. Está representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se destacan: Yamanigüey, El Medio, Semillero, Quesigüa, Cayo Guam, Punta Gorda, Yagrumaje, Moa, Cabañas y Aserrío (Ver Figura 7), los cuales son de carácter permanente, drenan en el mismo sentido que presenta la red. Estos ríos desembocan en la Bahía de Moa, donde forman deltas cubiertos de mangles, apreciándose en ellos una zona de erosión y otra de acumulación. Forman terrazas al llegar a la zona de pie de monte y presentan numerosos meandros, sus orillas son abruptas y erosionadas en las zonas montañosas, mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas. Son alimentados por las precipitaciones atmosféricas y tienen su origen en las zonas montañosas del grupo Sagua - Baracoa. Los mismos sobrepasan los 1,5 m/s (metros por segundo) de velocidad y los gastos oscilan entre 100 y 200 L/s (litros por segundo) algunos pueden tener gastos inferiores. El nivel de los ríos cambia en dependencia con las precipitaciones, los niveles más bajos se observan en el período de seca, correspondiente a los meses de julio a septiembre y los más elevados en la época de lluvia, la cual está comprendida entre los meses de octubre a enero (Viltres Milán, 2010).

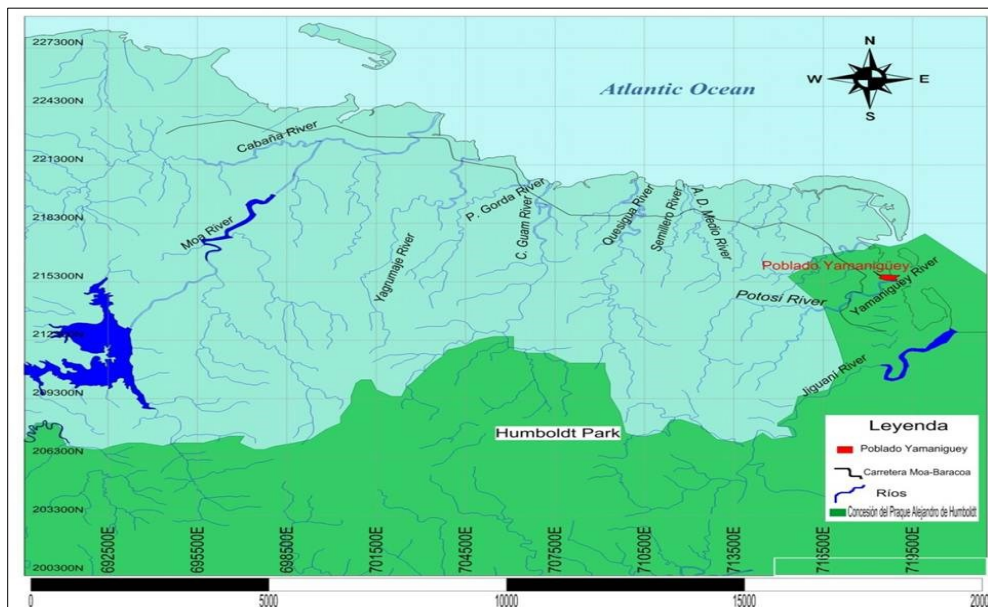


Figura 7. Mapa de red fluvial. Tomado de Crespo Lambert, 2018.

Según a la extensión superficial de las cuencas hidrográficas los ríos más importantes son el río Moa, con un área de 156 km<sup>2</sup> y los ríos Cayo Guam, Cabañas, Quesigüa, Yagrumaje, Yamanigüey y Punta Gorda con cuencas hidrográficas muy inferiores, pues ninguna supera los 100 km<sup>2</sup>.

Debido al régimen de precipitaciones, particularidades hidrogeológicas regionales, características de las rocas acuíferas y parámetros hidrogeológicos existentes en el territorio, se considera como una zona de elevada complejidad hidrogeológica, con la existencia de cinco complejos acuíferos fundamentales, a partir de la caracterización del tipo de rocas presentes y de su capacidad para el almacenamiento de aguas subterráneas (Viltres Milán, 2010), que se describen a continuación:

**Complejo acuífero de las ofiolitas:** se extiende en dirección noroeste - sudeste, al oeste del río Moa. Litológicamente se encuentra constituido por serpentinitas alteradas, peridotitas serpentinizadas y piroxenitas. La capacidad acuífera ha sido poco estudiada; su profundidad de yacencia es de 1,3 - 12 m. El coeficiente de filtración (K) oscila entre 1 - 14,7 m/día, el gasto de aforo (Q) entre 1,2 - 4 L/s.

**Complejo acuífero de los sedimentos costeros:** se extiende por casi todo el norte del área, lo que forma una franja estrecha que presenta dimensiones de 1 - 2 km. de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 - 2 m sobre el nivel del mar; su edad se corresponde con el cuaternario. Su composición litológica integrada por depósitos arcillosos contiene fragmentos angulosos de composición múltiple. Las rocas acuíferas se asocian a calizas organógenas, en menor escala sedimentos no consolidados, así como, depósitos arcillo - arenosos con fragmentos angulosos de composición variada. Predominan aguas cársicas y de grietas y en algunos casos intersticiales. Por lo general tienen interrelación hidráulica con el agua de mar. A una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m yace el nivel freático. El coeficiente de filtración (K) de estas rocas alcanza valores hasta los 268,4 m/días, el gasto (Q) es aproximadamente de 14 L/s.

**Complejo acuífero de los sedimentos aluviales:** se extiende en dirección norte - sur lo que forma una franja ancha en su parte inferior y estrecha en la superior, lo que ocupa prácticamente la totalidad de las terrazas de los ríos más importantes, así como, el valle de sus afluentes. Constituido por gravas, arenas, cantos rodados y arenas arcillosas, con 15 m de potencia aproximadamente, estos sedimentos son de edad cuaternaria y se caracterizan por su alta capacidad para el almacenamiento de agua. El coeficiente de filtración (K) varía de 13 - 290

m/días, mientras que su gasto de aforo (Q) oscila entre 2 - 57 L/s. Estas aguas yacen a una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m.

**Complejo acuífero de las lateritas:** se extiende por casi toda la zona de Moa donde ocupa gran parte del área. Su composición litológica se corresponde con potentes cortezas de intemperismo, lo que representa a un acuitardo, debido al predominio de aguas capilares y de potencias considerables de lateritas que alcanzan los 30 m, con un marcado desarrollo de procesos de capilaridad, donde los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar alrededor de 20 m. Las precipitaciones atmosféricas son la fuente principal de alimentación de estas aguas.

**Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos – carbonatados:** aparece este complejo sólo en una pequeña porción al norte del poblado de Cañete. Constituido geológicamente por margas estratificadas, calizas compactas, depósitos brechosos de carácter tanto tectónico como sedimentarios, aleurolitas y conglomerados. Las rocas acuíferas se corresponden con los conglomerados brechosos y las calizas y en menor medida, las margas estratificadas.

## **1.9 Vegetación regional**

El municipio forma parte del sistema montañoso Moa – Baracoa, el mismo representa la zona de mayor biodiversidad del país con un 68 % de especies autóctonas y está ubicado dentro del distrito fitogeográfico Moense. Éste se destaca por ser uno de los más ricos en cuanto a la diversidad florística del archipiélago cubano, reconocido por la gran cantidad de especies endémicas del mismo, con un total de 976, de ellas 373 que solo crecen en este distrito (Reyes & Del Risco, 1993).

El área sur del municipio queda englobada dentro de una reserva de la biosfera declarada por la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) en el año 1998. La vegetación presente en el área es variada, donde se pueden apreciar formaciones vegetales tales como: pinares, bosque en galería, arbustivo xenomorfo subespinoso (charrascal) y vegetación secundaria. En estos suelos se desarrolla el Pino Cubensis (Pino de Moa) y plantas latifolias (Ver Figura 8), muchas de ellas endémicas de esta región, lo que da lugar a bosques típicos sobre las laderas.



Figura 8. Vegetación típica desarrollada en Moa.

En el municipio de Moa tenemos una situación particular, lo que es la vegetación del mismo muy característica, por lo que ha evolucionado una flora muy típica que comprende el 33 % de todos los endemismos cubanos, en la cual se encuentran pinares, pluvisilvas charrasco y bosques de galerías. La vegetación de estos suelos se mantiene por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollado. Debe destacarse que los pinares presentan hojas en forma de agujas con alturas que oscilan entre 20 y 30 m, con una cobertura que constituye entre el 80 % y el 90 % de la superficie. El área de estudio se encuentra dentro del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, se caracteriza por una gran vegetación y endemismo conformado por árboles de Copey (*Clusia Rosea*), Copernicia Bailayana, Palma Pajua, (*Bactris Cubensis*) Jaragua (*Hyparrhenia Rufa*), Icaco (*Chrysobalanus Icaco*), Ocuje Blanco (*Calophyllum Rivulare Bisse*), Espatelia Cubensis, Najesí (*Carapa guianensis Aubl*), Palma Manaca (*Euterpe oleracea*), Tibisí (*Arthrostylidium ssp*), Yagruma (*Cecropia Peltata*), Plumeria (*Plumeria Rubra*), Dracena (*Dracaena Cubensis*), Casuarina Esquisetifolia y Mangle Achaparrado.

### **Conclusiones parciales**

En la región las características geográficas y climáticas son propicias para que se pueda explotar el potencial geológico y geomorfológico desde el punto de vista geoturístico. Se ubica muy próxima a la costa y está enlazada por importantes vías de comunicación.

El relieve originado por la interacción de los procesos y fenómenos geológicos puede catalogarse de complejo, se destaca el relieve de llanura y de montaña, mostrando formas singulares de gran belleza.

Las características geológicas y tectónicas ayudan a comprender la evolución geológica del archipiélago cubano, que conjuntamente con su extensión, lo hacen un reto al conocimiento.

Las condiciones geológicas y climáticas han propiciado el desarrollo de extensas cortezas lateríticas de importancia económica, y la existencia de minerales de cromo, dando lugar al desarrollo minero-metalúrgico, social y cultural de la región, la que a su vez ha dejado un patrimonio que debe ser utilizado y conservado para las generaciones futuras. Todas estas cualidades que presentan cada uno de estos sitios favorecen al desarrollo del geoturismo.



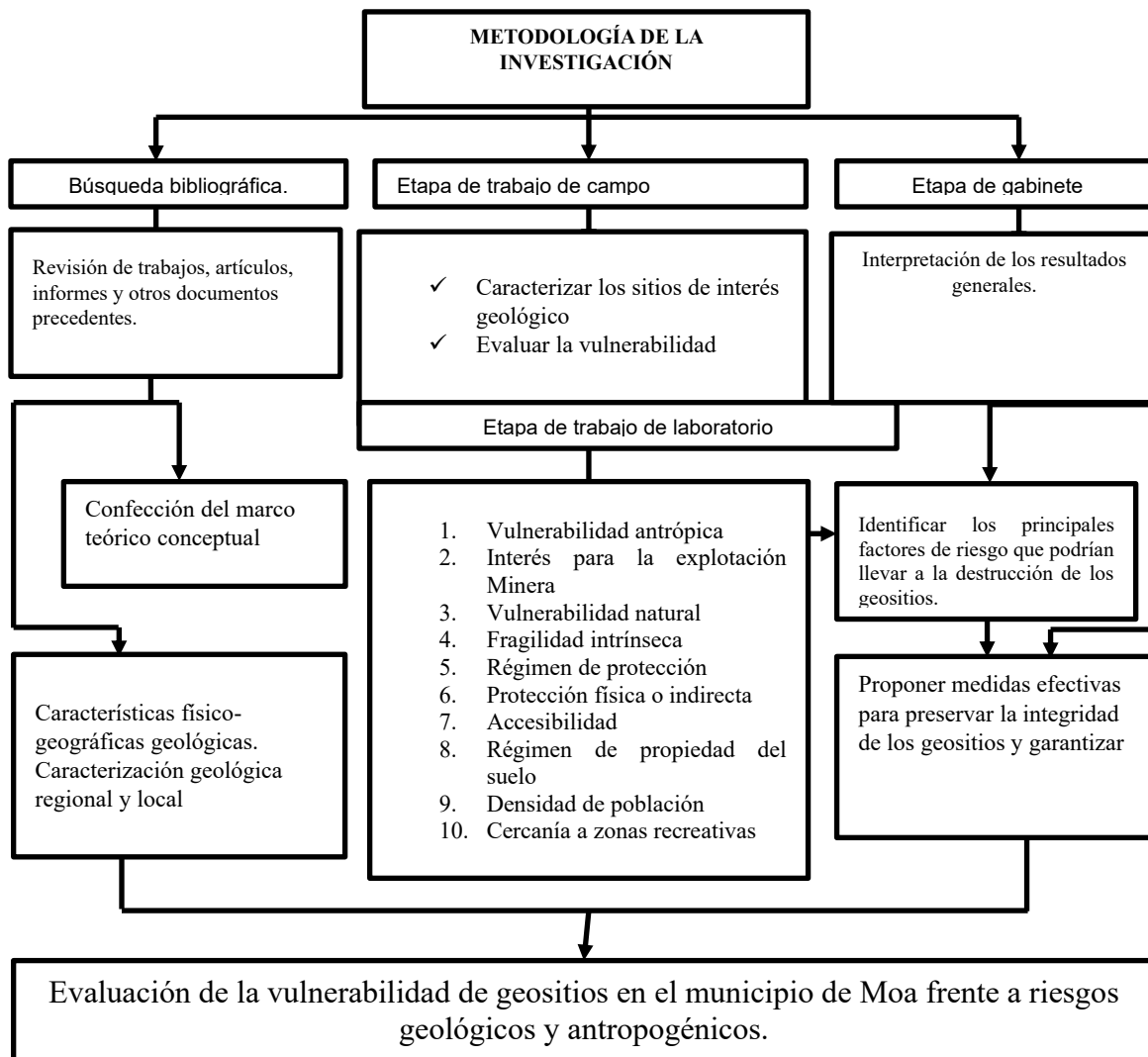
## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

### 2.1 Introducción.

El presente capítulo, contiene la metodología aplicada en la investigación realizada para la evaluación de los peligros naturales en los geositos del Municipio de Moa y se plantean medidas para mitigar, proteger y conservar el patrimonio geológico de la región.

El trabajo se realizó en tres etapas fundamentales (Figura 1):

Figura 1. Flujograma de la Investigación.



### 2.2 Etapa I. Recopilación de la información y revisión bibliográfica

Durante la primera etapa de la investigación, se llevó a cabo la identificación de las zonas con mayor peligro de deslizamiento. Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el tema y

el lugar de estudio, se consultaron artículos científicos, trabajos de diplomas, tesis de maestría y doctorales, revistas y libros. Además, se revisaron investigaciones previas relacionadas y se buscaron datos actualizados y confiables en sitios web especializados. Dado que los deslizamientos de terreno suelen estar relacionados con fenómenos como fuertes lluvias, terremotos o intervención humana, se recopiló toda la información disponible sobre eventos pasados en estas áreas.

### **2. 2. 1. Antecedentes históricos internacionales**

La primera actividad organizada para la conservación de elementos geológicos se presenta luego de promoverse la protección de la famosa "Agassiz Rock" en Edimburgo en 1840 (Durán, 1998) que prueba la existencia de glaciares en Escocia. A partir de la declaración de los Parques Estatales de Yosemite (1864) y Nacional de Yellowstone (1872) en EE.UU, en el ámbito internacional fueron los primeros Espacios Naturales Protegidos con una legislación específica (Domínguez-González, 2005). La "Commission Geologique de la Societé Suisse De Recherche sur la Nature" propone en 1887 la protección de bloques erráticos, esto es aceptado más tarde por el estado suizo. Sociedades como la mencionada, estuvieron influyendo, en la divulgación de diferentes figuras legales que comprometieron sobre la conservación y protección del patrimonio geológico (Colegial et al., 2002).

La idea de crear un movimiento internacional de protección de los sitios existentes fuera de los países de Europa surgió después de la Primera Guerra Mundial (Domínguez-González, 2005) , Gran Bretaña como pionera en Europa en este aspecto, inició la selección de lugares de interés geológico en 1949 (Henaos & Osorio, 2012).

El acontecimiento que suscitó una verdadera toma de conciencia internacional fue la decisión de construir la gran presa de Asuán, en Egipto, con lo que se inundaría el valle donde se encontraban los templos de Abú Simbel, tesoros de la civilización del antiguo Egipto. En 1959 la UNESCO decidió lanzar una campaña internacional a raíz de un llamamiento de los gobiernos de Egipto y Sudán, y los templos de Abú Simbel y Filae fueron desmontados, trasladados y montados de nuevo. Con ayuda del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), la UNESCO inició la elaboración de un proyecto de convención sobre la protección del patrimonio cultural (Domínguez-González, 2005).

En Alemania ya existía en 1969 un grupo nacional centrado en Geoconservación, denominado GEA, cuyo objetivo era la identificación de lugares geológicos de interés científico y divulgativo en ese país (Henaó & Osorio, 2012). Pero no es hasta la década de los 70 que comenzó a desarrollarse de forma sistemática en Europa.

En 1972 se celebra en París la “Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural”, auspiciada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). En virtud de ello, en varios estados europeos se ha comenzado a prestar particular atención, como parte integrante del Patrimonio Natural, al Patrimonio Geológico. Tanto es así, que en 1988 se crea la primera asociación europea para la promoción de la geoconservación (European Working Group for Earth Science Conservation) tomado de (Ramos, 2018).

Los trabajos sobre patrimonio geológico y geoconservación realizados en diversos países europeos dieron lugar a que en 1988 se reunieran geólogos de 7 países (Austria, Dinamarca, Finlandia, Reino Unido, Irlanda, Noruega y Holanda) para poner en común sus ideas y problemáticas. Esta “primera reunión internacional de geoconservación” incluía entre sus temas fundamentales como afrontar el proceso de selección y clasificación de puntos de interés y patrimonio geológico, y su posterior gestión para garantizar su conservación. Esta primera cita sirvió de base para que se realizara varias reuniones más, (entre ellas la de Digne, Francia en 1991, a la que asistieron más de un centenar de especialistas), incluyendo geólogos de otros países, como Suiza, Francia y Bélgica y donde se proclamó la Declaración internacional sobre los derechos de la memoria de la Tierra (Henaó & Osorio, 2012).

Fue después de este momento que la geoconservación adquirió importancia a escala mundial, especialmente después del Primer Simposio Internacional para la Conservación del Patrimonio Geológico y la creación de la Asociación Europea para la Conservación del Patrimonio Geológico (ProGEO), en 1992 (Moura et al., 2017).

En este contexto, la geoconservación emerge como un área nueva dentro de las Ciencias de la Tierra en la que el conocimiento producido se puede usar para prevenir, corregir y minimizar los impactos ambientales que causan riesgo al patrimonio geológico, como la planificación inadecuada del uso de la tierra.

Posteriormente, en 1993 la International Union of Geological Sciences (IUGS) decide formar un grupo de trabajo para crear un soporte científico a la iniciativa de la geoconservación; se origina

así el proyecto “Geositios”. Dicho proyecto propone realizar un inventario y una base de datos compilados en forma sistemática y continuamente actualizados de Sitios de Interés Geológico a nivel mundial. Este proyecto tiene una utilidad potencial para la educación, la investigación y la promoción del conocimiento de la Geología (Piacente & Giusti, 2000).

Con el fin de promover el inventario y la conservación de los geositios más representativos en términos de eventos geológicos, procesos y características tanto a nivel nacional como internacional, en 1995 la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) creó el Proyecto GEOSITES.

Este proyecto fue una evolución de la anterior Lista Indicativa Global de Sitios Geológicos (GILGES), asociada a la Base de Datos Mundial de Sitios Geológicos de IUGS, que buscaba una selección sistemática de geositios basados en marcos geológicos específicos, lo que permite su comparación en varias escalas (W. A. P. Wimbledon et al., 2000) el Proyecto GEOSITES asumió que el desarrollo de las geociencias depende del acceso completo a una amplia variedad de afloramientos, tanto para la investigación científica como para la enseñanza.

Finalmente, y como avance internacional importante, la UNESCO se hizo eco, en el año 2001, del interés del patrimonio geológico e incluyó una declaración específica en la que hacía una serie de recomendaciones para garantizar su conservación. En dicha declaración se insiste en la idea de la pertenencia del patrimonio geológico al patrimonio natural y la necesidad de su estudio y prioridad de su conservación (Henaó & Osorio, 2012).

En este mismo año, se crea un nuevo Grupo de Trabajo de la Asociación Internacional de Geomorfólogos (IAG), denominado “Geomorphosites”. El objetivo principal de este grupo es mejorar el conocimiento y la evaluación de sitios geomorfológicos, con énfasis en la conservación, la educación y atractivo turístico relacionados con esos sitios. Como resultado de ello, se han publicado las “Actes de la Réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie” (2003) con una serie de artículos reunidos bajo el título “Geomorphologie et Tourisme” (Martinez, 2008).

Con el fin de reflejar más de cerca los desafíos sociales de las Ciencia de la Tierra y proporcionar un estatus internacional a una antigua red de sitios de importancia geológica, el 17 de noviembre de 2015, los 195 Estados Miembros de la UNESCO ratificaron la creación de una nueva etiqueta, los Global Geoparks de la UNESCO, durante la 38ª Conferencia General de la Organización, donde se aprobó la creación del Programa Internacional de Geociencias y Geoparques (IGGP); el

IGGP comprende el Programa Internacional de Geociencias (IGCP), que durante más de 40 años ha reunido a geocientíficos de todas las regiones del mundo para estudiar la Tierra y los procesos geológicos bajo temas que tienen una relevancia social cada vez mayor, y los Geoparques mundiales de la UNESCO, que promueven sitios de valor geológico internacional y son la base del desarrollo sostenible local.

### **2. 2. 2. Trabajos Precedentes en Cuba**

En el siglo XX, con la expansión del poderío estadounidense sobre la economía cubana y el desencadenamiento de la I Guerra Mundial, fue frecuente la exploración de las riquezas nacionales por diferentes compañías mineras y petroleras y el descubrimiento de numerosos sitios geológicos de importancia e interés. Entre las décadas del 30 y el 50, bajo la presión de la necesidad de minerales para la industria, sobre todo de armamentos, debido a los preparativos y ejecución de la II Guerra Mundial, el territorio de Cuba fue intensamente estudiado por geólogos extranjeros, principalmente holandeses y estadounidenses, entre los que se destacan Vaughan, Thiadens, Rutten, Lewis, Kozary, Hatten, y otros y también por los precursores cubanos José Isaac del Corral, Jorge Brodermann, Antonio Calvache y Pedro J. Bermúdez.

Luego del Triunfo de la Revolución, especialistas de las organizaciones relacionadas con la Geología en el desaparecido campo socialista, algunos profesionales latinoamericanos y por los numerosos geólogos cubanos graduados después, llevaron a cabo investigaciones que contribuyeron al incremento del conocimiento geológico del subsuelo cubano.

Anteriormente trabajos como los de Kozary, (1968) estuvieron encaminados a la descripción geológica de la porción central de la antigua provincia de Oriente, cuyos puntos de vista acerca de la secuencia ofiolítica no se diferencian sustancialmente de los conceptos anteriores.

No es hasta la década del sesenta que se desarrollan investigaciones profundas de carácter regional, destacándose los trabajos de los especialistas soviéticos (Quintas-Caballero, 1988) que constituyeron un paso fundamental en el conocimiento geológico del territorio oriental y esencialmente para las zonas de desarrollo de cortezas de intemperismo ferroniquelíferas.

En 1972 se inician investigaciones de carácter regional del territorio oriental cubano por especialistas del Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, luego la Universidad de Moa y ya en 1976 se estableció que la tectónica de sobre empuje afecta también a las secuencias sedimentarias dislocadas fuertemente, donde se detectan en numerosas localidades la presencia de mantos alóctonos constituidos por rocas terrígenas y volcánicas del Cretácico

superior, yacen sobre secuencias terrígenas del Maestrichtiano-Paleoceno superior, además observaron el carácter alóctono de los conglomerados-brechas de la formación La Picota. Con estos nuevos elementos es reinterpretada la geología del territorio y se esclarecen aspectos de vital importancia para la acertada valoración de las reservas minerales.

En el período 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, es el primer trabajo que generaliza la geología de Cuba oriental. 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. En este trabajo la región oriental se divide en cinco unidades estructuro faciales: Caimán, Auras, Tunas, Sierra de Nipe-Cristal-Baracoa y Remedios y tres cuencas superpuestas: Guacanayabo-Nipe, Guantánamo y Sinclinorio Central (Gyarmati & Leyé, n.d.).

Desde el punto de vista tectónico de carácter regional adquieren importancia relevante las investigaciones realizadas en su estudio tectónico de la porción oriental de las provincias Holguín y Guantánamo, donde propone siete unidades tectono-estratigráficas para el territorio, describe las características estructurales de cada una de ellas y establece los períodos de evolución tectónica de la región (Campos-Dueñas, 1983).

A partir de 2006 se ha desarrollado un proyecto de investigación que pretende rescatar, para su preservación en primer lugar, las localidades tipo de las formaciones aprobadas y registradas en el Léxico Estratigráfico de Cuba y los yacimientos fosilíferos que constituyen un patrimonio de la nación, así como también los sitios geológicos de marcado interés: científico, docente, turístico, etc. Sin embargo, desde el año 2005 el Instituto de Geología y Paleontología (IGP) ya realizaba un inventario nacional de los sitios de interés geológico (geositios) existentes en el país, gracias al cual también se pudo identificar, preliminarmente, cuántos de ellos habían sido declarados como monumento local o nacional y cuántos estaban incluidos en áreas naturales protegidas.

Por lo que se tiene como base la descripción de los principales rasgos geológicos-geomorfológicos existentes en el territorio de la región oriental del país, se han definido

investigaciones como: (Castellanos, 2016) desarrolló la “Evaluación de los sitios de interés geológicos más importantes de los municipios Sagua de Tánamo y Moa, Holguín”, donde se identificaron 18 geositos, de los cuales 2 fueron propuestos como Monumento Local y 2 como Monumento Nacional. De igual forma se plantearon medidas para su conservación.

(Corpas, 2017) realizó la “Evaluación y diagnóstico de geositos en el municipio de la zona oeste de la provincia de Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico”. En ella, se identificaron 29 sitios de interés geológicos, de los cuales, 8 fueron propuestos como patrimonio nacional, 17 como Patrimonio local y 2 fueron propuestos a recibir un tratamiento por las autoridades locales. Se proyectaron medidas eficientes para la conservación de los geositos.

Romero, (2017) ejecutó la “Evaluación y diagnóstico de geositos en los municipios del este de la provincia de Holguín”, donde se identificaron 14 sitios de interés geológicos, de los cuales 4 fueron propuestos como patrimonio nacional, 9 como patrimonio local y 1 fue propuesto para recibir tratamiento por las autoridades locales. Se trazaron medidas para su conservación.

(Ferreira-Gamboa, 2017) particularizó la “Caracterización de geositos para la protección y conservación del patrimonio geológico del municipio Baracoa”, donde se evaluaron 14 sitios de interés geológicos, de los cuales 4 fueron propuestos como patrimonio nacional, 8 como patrimonio local y 2 fueron propuestos para el cuidado de las autoridades locales. Al igual que en trabajos anteriormente citados se propusieron medidas para la conservación.

Francisco en el (2018), precisó la “Caracterización de geositos para la protección y preservación del patrimonio geológico en la ruta Baracoa-Puriales de Caujerí”, donde se valoraron 26 sitios de interés geológico, donde 5 de ellos se opinaron como Patrimonio Nacional y 14 como Monumentos Locales. Se expresaron medidas pertinentes para la conservación y preservación de los geositos.

Ramos, (2018) detalló la “Evaluación y diagnóstico de nuevos geositos en los municipios Sagua de Tánamo y Frank País, de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico”, donde se concretaron 18 geositos, 14 correspondientes al municipio de Sagua de Tánamo y 4 al municipio de Frank País. Se propusieron como áreas protegidas de significación Nacional a los geositos: las Brechas de Sagua y la Desembocadura del río Sagua; de significación Local a: las Calcedonias del Picao, Cueva de Mucaral, la Terraza Emergida de

Río Grande y la Mina de Cromita de Río Grande. Se expusieron medidas de conservación para los geositos de mayor vulnerabilidad.

Bravo, (2018) puntualizó la “Evaluación de los sitios de interés geológicos en el sector Ramón de las Yaguas, Santiago de Cuba” donde se describieron y evaluaron 20 sitios de interés geológico en todo el territorio y como designación a Monumento Nacional se propuso: Los Basaltos en Almohadilla del Camino de Campo Rico.

En el XIII Congreso de Geología, se presentaron trabajos relacionados con Geodiversidad, Patrimonio y Geoturismo:

(Yurisley Valdés Mariño y Roberto Gutiérrez Domech) “Geoturismo: Perspectivas en la región de Baracoa provincia de Guantánamo”, en el mismo se analiza el potencial geoturístico en la región de Baracoa de las principales formas de accidentes geográficos, así como de afloramientos geológicos identificados (SCG, 2019)

(Roberto Gutiérrez Domech, Guillermo Pantaleón Vento, Yurisley Valdés Mariño, Luis Bernal Rodríguez y José Corella) “Algunas características de geositos cársticos en la provincia de Holguín”, se describen 10 geositos cuyas características kársticas resultan notables en la provincia de Holguín (SCG, 2019).

La investigación emprendida por (Délcio, 2020) se enfocada en la "Evaluación de los sitios de interés geológicos más prominentes en la provincia de Guantánamo", se llevó a cabo en respuesta a la necesidad imperante de examinar el estado actual de dichos sitios, estableciéndose como una base esencial para su preservación. El objetivo fundamental de este estudio consistió en evaluar la situación y condición física de los geositos, caracterizados por sus considerables dimensiones y accesibilidad, así como su significativo valor histórico, el cual se proyecta como una oportunidad que debe ser aprovechada y cuidadosamente preservada. En este contexto, se implementaron dos metodologías distintas: el criterio de expertos y la aplicación de una ficha técnica que involucra la evaluación ponderada de parámetros específicos.

Durante el desarrollo del proceso cartográfico llevado a cabo en la investigación, se logró identificar un total de dieciocho (18) geositos, entre los cuales destacan seis por su destacado potencial paisajístico e interés científico, siendo oficialmente designados como de importancia nacional. Estos sitios emblemáticos comprenden el Pico Gálan, Zoológico de Piedra, Los Monitongos, Reserva Ecológica de Baitiquirí, Salto Fino y el Viaducto de la Farola.

En una investigación paralela, dirigida por Carmenaty, (2020), se abordó la temática de



geositios, geomorfositos y geoparques como estrategias orientadas a la conservación, educación y desarrollo sostenible. Bajo el título "Caracterización de Geositios para la protección y conservación del patrimonio geológico del municipio El Salvador en la provincia de Guantánamo", el estudio tuvo como objetivo principal identificar y caracterizar los geositios en el municipio El Salvador, a fin de diagnosticar su estado y proponer medidas para su preservación.

La metodología empleada se basó en la propuesta de (Domech, 2007), evaluando exhaustivamente 10 parámetros con una clasificación ponderada. Como resultado, se evidenció que numerosos geositios están expuestos a los agentes erosivos y a la acción antrópica. Durante el trabajo cartográfico geológico se identificaron 14 puntos de interés, con la propuesta de designar dos Geositios como Monumento Nacional.

Pedro António, (2020) dirigió una investigación focalizada en la evaluación de los sitios de interés geológico en el municipio de San Antonio del Sur, el estudio consistió en determinar el estado actual de conservación de dichos sitios y proponer medidas que contribuyeran a su cuidado y preservación. A lo largo del proceso de cartografiado, se lograron identificar un total de 17 geositios, entre los cuales tres se destacan por sus notables potencialidades paisajísticas e interés científico, siendo susceptibles de ser catalogados como de importancia nacional.

Hidalgo Griff, (2021) llevó a cabo una investigación con el propósito de determinar el estado actual de conservación de los geositios en la provincia de La Habana, función de promover y contribuir a la preservación de los sitios de interés geológico en dicha provincia, como parte de la protección de la geodiversidad y el patrimonio geológico regional.

Castelló Bruzón, (2022) llevó a cabo una investigación centrada en la caracterización de geositios en el sector Santa María-Nibujón, Baracoa. El objetivo principal de este estudio fue describir y caracterizar los puntos de interés geológico en la región, considerando aspectos como la complejidad geológica y la presencia de flora y fauna endémica. La metodología aplicada se enfocó en evaluar las potencialidades para la creación de senderos geoturísticos.

Como resultado de la investigación, se determinaron dos Senderos Geoturísticos, El Cocal y Nibujón – La Jaragua, diseñados para integrar las potencialidades naturales y contribuir al desarrollo económico local. En el análisis, se identificaron tres sitios de interés geológico de importancia nacional: El Salto La Jaragua, La Bahía de Taco y la Estratificación Cruzada en el

Recreo. Además, de los 12 geositos evaluados, cuatro fueron clasificados como paisajes naturales protegidos debido a su atractivo visual, originalidad y diversidad de vida.

En el año 2022, González Villavicencio llevó a cabo una investigación titulada "Caracterización de puntos de interés geológicos para la definición de senderos geoturísticos en el sector Yamanigüey-Potosí-Santa María". El objetivo primordial de esta investigación fue establecer senderos geoturísticos que respondieran al desarrollo del geoturismo en la región, dada su amplia diversidad que incluye la presencia de rocas del complejo ofiolítico, la vegetación característica de la zona de estudio, saltos de agua y una relevante historia en la minería del cromo. Para la definición de estos senderos, se aplicó la metodología propuesta por Gutierrez en 2007.

Los resultados obtenidos en la investigación incluyen la identificación y descripción detallada de 12 geositos que revelan la riqueza geológica del área. Como propuesta concreta, se presentaron dos senderos geoturísticos: el Sendero Geoturístico Yamanigüey-Mina Potosí y el Sendero Geoturístico Bahía de Yamanigüey Jiguaní-Santa María. Estos senderos se diseñaron considerando la diversidad geológica y natural del sector, ofreciendo a los visitantes una experi

En 2022 del Toro, Rene llevó a cabo un estudio que destacó la relevancia científica, práctica y preservativa de los geositos, particularmente en el contexto cubano, donde su aplicación práctica está estrechamente vinculada al impulso del geoturismo. La investigación se centró en una franja de terreno delimitada por el poblado Morel y el río Yumurí, al oeste y este de la ciudad de Baracoa, respectivamente. La llanura costera del norte de las provincias Guantánamo y Holguín fue el escenario de estudio, caracterizándose por la presencia de formaciones carbonatadas de edad Mioceno-Holoceno, abarcando aproximadamente el 40 %. Predominaron las formaciones de carso epigénico de meseta y llanura costera aterrazadas y carsificadas, con una rica vegetación endémica y una extensa red hidrográfica, destacándose como una de las más importantes de Cuba, con numerosos saltos de agua.

Como resultado del estudio, se propuso la creación de un sendero geoturístico que caracteriza el carso tanto a nivel regional como local. La caracterización se llevó a cabo mediante indicadores hidrogeológicos, geomorfológicos, geológicos, paleontológicos y botánicos. La metodología incluyó el apoyo de fotointerpretación de imágenes satelitales, la interpretación de cartas topográficas y la recopilación de información de mapas y literatura especializada, utilizando mapas de pequeña y gran escala (1: 100 000, 1:50 000 y 1:25 000).

Los resultados obtenidos contribuyeron significativamente a la comprensión del desarrollo actual del carso en el municipio de Baracoa, brindando información clave para su utilización racional y protección. La evaluación de los geositos cársicos en la zona costera, incluyendo lugares emblemáticos como el Cañón del Río Yumurí, la Cueva del Paraíso, el Yunque de Baracoa, el Nicho de Cayo Güin, la Terraza de Maguana y la Terraza de Yara-Majayara, fue fundamental para enriquecer la propuesta de sendero geoturístico y su potencial impacto en el desarrollo sostenible de la región.

Castelló Bruzón, (2022) desarrolló una investigación centrada en la caracterización de geositos en el sector Santa María-Nibujón, Baracoa. El objetivo fundamental de este estudio fue describir y caracterizar los puntos de interés geológico en la región, teniendo en cuenta aspectos como la complejidad geológica y la presencia de flora y fauna endémica. La metodología aplicada evaluó las potencialidades para la creación de senderos geoturísticos. Como resultado de la investigación, se determinaron dos Senderos Geoturísticos, El Cocal y Nibujón – La Jaragua, concebidos para integrar las potencialidades naturales y contribuir al desarrollo económico local. Se identificaron tres sitios de interés geológico de importancia nacional: El Salto La Jaragua, La Bahía de Taco y la Estratificación Cruzada en el Recreo. Además, de los 12 geositos evaluados, cuatro fueron clasificados como paisajes naturales protegidos debido a su atractivo visual, originalidad y diversidad de vida.

Lorenzo Comesaña, (2023) realizó una Caracterización de Sitios de Interés Geológico para el Desarrollo Geoturístico en los Cayos del Norte de Ciego de Ávila", con el objetivo de identificar y caracterizar los posibles geositos en la Cayería con el propósito de diagnosticar su estado y proponer medidas de conservación. Como resultado de este estudio, se logró identificar un total de 13 geositos, donde se señala la importancia de que las autoridades locales les presten atención y tomen medidas pertinentes para la protección y conservación ante la influencia antrópica en los sitios.

En 2023, Texidor Verdecia llevó a cabo una investigación centrada en la identificación y aplicación de medidas para la conservación de áreas con valor geológico patrimonial en el mundo, una temática que ha cobrado relevancia en los últimos años. El estudio se enfocó específicamente en determinar el estado de conservación actual de los geositos en el sector Ramón de las Yaguas de la provincia Santiago de Cuba. El objetivo primordial fue promover y contribuir a la preservación de los sitios de interés geológico ubicados en la zona de estudio,

como parte integral de la protección de la geodiversidad y del patrimonio geológico de la provincia. Además, se propusieron medidas concretas de conservación.

A lo largo de la investigación, se describieron detalladamente 20 puntos de interés. Estos puntos fueron meticulosamente geo-referenciados en el campo para garantizar su correcta ubicación y fueron agrupados en itinerarios para facilitar el acceso a ellos. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo y se definieron los senderos, entre los cuales se destacan "Los Basaltos en Almohadilla del Camino de Campo Rico", "Areniscas Claras de Montecil" y "Rocas Sedimentarias Oscuras Emilia". Estos senderos no solo ofrecen un acceso estructurado a los geositos, sino que también representan una propuesta para potenciar la apreciación y conservación de la rica diversidad geológica presente en la provincia Santiago de Cuba.

Estudios recientes evalúan la vulnerabilidad de los geositos en la provincia de Santiago de Cuba frente a riesgos geológicos y antropogénicos (Calunga La, 2023), los resultados revelaron que la erosión y las actividades humanas emergieron como las amenazas más significativas, impactando considerablemente la integridad de los geositos en Santiago de Cuba. El análisis global indicó que el 50 % de los indicadores exhibieron una alta vulnerabilidad, el 36 % presentaron vulnerabilidad media, mientras que solo el 14 % registró una baja vulnerabilidad. Esta distribución evidenció diversas causas contribuyentes, como la falta de medidas de protección y conservación, la presencia de actividades humanas incompatibles y la escasa conciencia sobre los valores intrínsecos y la importancia de la conservación.

Entre los factores clave identificados se encontraron la exposición geológica y la presión antropogénica, que surgieron como elementos determinantes en la fragilidad intrínseca de los geositos evaluados. La exposición geológica refiere la vulnerabilidad inherente de los elementos geológicos ante fenómenos naturales, mientras que la presión antropogénica señala el impacto de las actividades humanas sobre estos sitios, exacerbando su vulnerabilidad.

Considerando las investigaciones realizadas, El estudio aborda la temática de peligros naturales en sitios de interés geológico en el Municipio de Moa, es esencial para comprender y gestionar de manera sostenible los recursos geológicos en esta región específica. La identificación y evaluación de estos peligros naturales proporcionan una perspectiva crítica no solo para la preservación de la geodiversidad y el patrimonio geológico local, como se observa en los senderos geoturísticos propuestos, sino también para fortalecer la resiliencia comunitaria ante

eventos naturales adversos. El enfoque considera la complejidad geológica, la presencia de flora y fauna endémica, y los riesgos asociados, estableciendo así una sólida base para la implementación de medidas de conservación específicas. Esto garantiza la sostenibilidad y una integración efectiva de estos valiosos recursos en el desarrollo socioeconómico local.

### 2. 2. 3. Método de evaluación de lo geositios

Para la evaluación de los geositios se tomó como base la metodología elaborada por los expertos: (Domech-Gutiérrez, 2007). Fue aprobada además por el Consejo Científico del Instituto de Geología y Paleontología (IGP); donde se recomendó su generalización en el país (Gaceta Oficial de la República de Cuba, 2020).

Esta metodología consiste en categorizar cualitativa y cuantitativamente los sitios de interés geológico, a partir de la valoración de la calidad de 10 parámetros, a los que se le hace corresponder una puntuación ponderada sobre la base de 100 puntos; según la consideración especializada, que le asigna peso o importancia a cada parámetro y por tanto mayor o menor puntuación (ver Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros, calidad y puntuación ponderada.

| No. | Parámetro                                     | Calidad         | Puntuación |
|-----|---|-----------------|------------|
| 1   | Representatividad y valor científico          | Alta            | 15         |
|     |   | Media           | 10         |
| 2   | Valor histórico                               | Alto            | 10         |
|     |   | Medio           | 7          |
| 3   | Valor estético para la enseñanza y el turismo | Alto            | 10         |
|     |   | Bajo            | 7          |
| 4   | Importancia didáctica                         | Alta            | 12         |
|     |   | Media           | 8          |
| 5   | Rareza  | Notable         | 12         |
|     |   | Escasa          | 8          |
|     |   | Común           | 4          |
| 6   | Irrepetibilidad                               | Irrepetible     | 12         |
|     |   | Repetible       | 8          |
| 7   | Estado físico del geosítio                    | Apropiado       | 3          |
|     |   | Poco apropiado  | 4          |
|     |   | Inapropiado     | 5          |
| 8   | Vulnerabilidad                                | Muy vulnerable  | 12         |
|     |   | Vulnerable      | 8          |
|     |   | Poco vulnerable | 2          |
| 9   | Tamaño  | Grande          | 2          |
|     |   | Medio           | 4          |

|    |               |                |   |
|----|---------------|----------------|---|
|    |               | Pequeño        | 6 |
|    |               | Muy accesible  | 6 |
| 10 | Accesibilidad | Accesible      | 5 |
|    |               | Poco accesible | 4 |
|    |               | Inaccesible    | 2 |

### Descripción de los parámetros.

#### 1) Representatividad y valor científico.

- Alta. En caso de ser una localidad tipo original, un lectoestratotipo, un neoestratotipo, o un geositio donde han sido descritas holotipos de macro y microfósiles, o han sido halladas grandes poblaciones de dichas especies, o cualquier otro lugar verdaderamente representativo de una época geológica determinada, o desarrollo geológico específico. También las localidades que presentan un relieve con características singulares y distintivas.
- Media. En caso de paraestratotipos y otros cortes representativos, pero que tienen homólogos o similares en mejores condiciones en otras partes. Localidades donde han sido descritas especies de fauna o flora fósil característica, pero que no son localidades tipo. También pueden incluirse en esta categoría sitios donde se encuentran formas y estructuras que evidencian procesos representativos de un momento específico del desarrollo geológico.

#### 2) Valor histórico.

- Alto. Si está relacionado con el trabajo de los precursores o representa un punto de inflexión en el desarrollo de las geociencias.
- Medio. Si solo representa un geositio donde se ha descrito una unidad lito o bioestratigráfica, se ha identificado una especie, género o grupo de fósiles o se ha señalado la existencia de un fenómeno geológico.

#### 3) Valor estético para la enseñanza y el turismo

- Alto. Si presenta estructuras, cristalizaciones, dislocaciones etc., pero que se manifiestan de forma espectacular; que puedan mostrarse a visitantes calificados o no y que llamen su atención e interés.
- Bajo. Si no presentan formas espectaculares que sean atractivas para el visitante neófito.

#### 4) Importancia didáctica; para la enseñanza o promoción de las geociencias.

- Alta. Si presenta, prácticamente por sí solo, lo que quiere enfatizarse o varios fenómenos, que en conjunto definen determinada estructura o fenómeno que quiere explicarse, o muestra claramente la fauna y(o) flora fósil que identifica una edad o un proceso.
- Media. Si la presencia de las formas y procesos geológicos no son tan representativos y para explicar un fenómeno o estructura deben utilizarse otros medios.

5) Rareza, por la dificultad en encontrar algún geosítio con estas características.

- Notable. Si el fenómeno o forma que presenta el geosítio no se conoce en otro lugar del territorio nacional o de la región o del mundo.
- Escaso. Si el hecho geológico que presenta se encuentra raramente en el territorio nacional o fuera del mismo, de acuerdo al nivel de conocimientos del colectivo del proyecto y la literatura disponible.
- Común. Si se conocen otros sitios similares en el territorio nacional y fuera del mismo.

6) Irrepetibilidad, relacionada con la rareza, pero también con las afectaciones o desaparición que puedan haber sufrido geosítios similares, que son irre recuperables.

Irrepetible. Si constituye el único lugar donde se ha descrito la unidad lito o bioestratigráfica, si es la única localidad donde se ha encontrado una.

- especie determinada o si el o los otros lugares que se conocían han sido dañados o destruidos de forma irre recuperable.
- Repetible, Si pueden designarse otros lugares que tengan características similares y que representen iguales situaciones, estructuras, formas o fenómenos que lo definen como un geosítio de importancia.

7) Estado físico del sendero. Atiende a si se encuentra libre de malezas, residuales sólidos o líquidos o si se encuentra utilizado para un uso no investigativo.

- Apropiado. Está libre de malezas residuales u de otras circunstancias que lo altere o perjudique.
- Poco apropiado. Está cubierto ligeramente por malezas, está ocupado temporal y ligeramente por residuales o elementos que no causen daño definitivo, o utilizado con objetivos no investigativos.
- Inapropiado. Está cubierto fuertemente por malezas o está en un área de cultivo. Es utilizado para verter residuales sólidos o líquidos en o a través del mismo. Está ocupado de forma permanente por alguna edificación.

8) Vulnerabilidad. Este parámetro está relacionado con la situación física del geositio.

- Muy vulnerable. Si es un lugar muy expuesto a la acción antrópica y natural, o las características y condiciones del lugar determinan que debe protegerse de ambos agentes, con alguna medida especial.
- Vulnerable. Si es un lugar expuesto a la acción antrópica o de la naturaleza, y debe protegerse de alguno de estos agentes.
- Poco vulnerable. Si tiene buenas condiciones o características físicas y está protegido de la acción del hombre o puede protegerse mediante medidas simples.

9) Tamaño. Depende del área que abarca.

Grande. Si abarca más de una hectárea, en área o tiene una longitud mayor de 500 m, en el caso de un área donde se haya descrito una formación.

- especie determinada o si el o los otros lugares que se conocían han sido dañados o destruidos de forma irrecuperable.
- Repetible, Si pueden designarse otros lugares que tengan características similares y que representen iguales situaciones, estructuras, formas o fenómenos que lo definen como un sendero de importancia.

10) Accesibilidad. Atiende a las posibilidades de aproximación

- Muy accesible. Si existe camino para vehículos hasta el geositio
- Accesible. Si existen caminos para bestias o personas hasta el geositio
- Poco accesibles. Si existen solo veredas o rutas intrincadas hasta el geositio.
- Inaccesibles. Si no existen caminos trazados hasta el geositio y hay que abrirlos para visitarlos.

#### **2. 2. 4. Método de evaluación del estado de conservación de los geositios.**

Selección preliminar de lugares de interés geológico, estudio y descripción de los geositios

La evaluación de los geositios se procedió a la revisión y consulta de toda la información disponible, que incluyeron los informes de levantamiento geológico a escala 1:50 000 realizados en la región (Alberto et al., 2000; Coutin Lambert, 2020; Quintas-Caballero, 1989) (Gyarmati & O’Conor, 1990) (Valdés-Mariño et al., 2019), informes de las investigaciones hidrogeológicas realizadas en el área (Dunán-Ávila et al., 2020; Valdes Toledo, 2022) y demás investigaciones sobre el patrimonio geológico (Guerra-santisteban et al., 2018; Torres et al., 2020; Urquí, 2014)



(Domech-Gutiérrez, 2007), además se seleccionaron todos aquellos lugares que fueron declarados geositios por (Castellanos, 2016; Corpas, 2017; González Villavicencio, 2022; Ramos, 2018; Wright Castellanos, 2016). Todos los lugares fueron visitados, donde se realiza una evaluación del estado de conservación y los peligros naturales a que se encuentra expuestos, no solo en lo relativo a los elementos geológicos, sino también se recogieron aspectos relacionados a su estado de conservación, ubicación, área, estudios realizados con anterioridad, posibilidad de realizar actividades recreativas y posible interés científico y/o didáctico. Toda esta información está debidamente registrada en una ficha descriptiva la que se anexa al informe general y formará parte de una base de datos de fácil acceso y que puede ser consultada por los interesados en el tema, ya sea para futuras investigaciones o para cultura general.

### **Valoración de la vulnerabilidad y de la prioridad de protección.**

Después de seleccionados los geositios y calculados por separado sus valores científicos, didácticos o turísticos/recreativos, se evaluó su prioridad de protección sobre la metodología establecida por (Torres et al., 2020) y modificada por el autor. Para esto se utilizaron 10 parámetros de valoración dirigidos, a establecer la vulnerabilidad de cada lugar atribuyendo a cada uno una puntuación objetiva y ordena el conjunto de acuerdo con estas puntuaciones. En la tabla 2 se exponen los parámetros para la valoración de la vulnerabilidad. Algunos de ellos, como la accesibilidad, la densidad de población o la fragilidad, han sido también considerados, en nuestro caso, como parámetros de valoración del interés, pero aquí juegan un distinto papel y, en algunos casos, como en el parámetro de la fragilidad, influyen en sentido contrario: a mayor fragilidad menos potencialidad de uso recreativo o turístico, pero más vulnerabilidad y, por tanto, más prioridad de protección.

### **Parámetros para la valoración de la vulnerabilidad de los geositios**

**Tabla 2.** Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geositios y coeficientes de ponderación de cada uno de los parámetros.

| <b>No</b> |                                    | <b>Alto</b> | <b>Medio</b> | <b>Baja</b> |
|-----------|------------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| 1         | Vulnerabilidad Antrópica           | 15          | 10           | 5           |
| 2         | Interés para la Explotación Minera | 10          |              | 5           |
| 3         | Vulnerabilidad Natural             | 12          | 8            | 4           |
| 4         | Fragilidad Intrínseca              | 10          |              | 6           |
| 5         | Régimen de Protección              | 8           |              | 4           |

|    |                                |    |   |   |
|----|--------------------------------|----|---|---|
| 6  | Protección Física o Indirecta  | 12 | 7 | 5 |
| 7  | Accesibilidad                  | 10 | 7 | 4 |
| 8  | Régimen de Propiedad del Suelo | 10 |   | 5 |
| 9  | Densidad de Población          | 8  | 6 | 4 |
| 10 | Cercanía a Zonas Recreativas   | 5  | 3 | 2 |

### Variables:

1. **Vulnerabilidad antrópica:** se refiere a la susceptibilidad del sitio a ser afectado negativamente por las actividades humanas. Esta variable aborda la influencia directa de la intervención humana en el geositio y considera una serie de factores que podrían comprometer su integridad y valores naturales. Presión Turística. Desarrollo No Sostenible. Explotación de Recursos. Contaminación. Intervención Directa
2. **Interés para la explotación minera:** se refiere a la presencia de recursos minerales o materiales valiosos que podrían ser extraídos con propósitos comerciales o industriales. Esta variable evalúa el potencial del geositio para convertirse en un sitio de interés para la industria minera. Depósitos Minerales. Valor Económico. Accesibilidad y Logística. Potencial de Extracción Sostenible.
3. **Vulnerabilidad natural:** se refiere a su susceptibilidad intrínseca a procesos naturales y eventos que puedan afectar su integridad geológica y paisajística. La evaluación de esta vulnerabilidad es crucial para implementar medidas de conservación y gestión adecuadas. Geodinámica local, estabilidad geológica, clima y meteorología, riesgos naturales específicos, diversidad biológica, potencial de cambios rápidos, capacidad de regeneración.
4. **Fragilidad intrínseca:** La fragilidad intrínseca de un geositio se refiere a la susceptibilidad de sus características geológicas y paisajísticas a ser afectadas por factores internos o eventos naturales. Evaluar la fragilidad intrínseca es fundamental para establecer prácticas de gestión que minimicen los impactos adversos y preserven la integridad del geositio. composición geológica, estructuras geológicas, procesos de meteorización, afectaciones por cambios climáticos, susceptibilidad a alteraciones humanas, estabilidad del paisaje, cambios geodinámicos recientes.
5. **Régimen de protección:** El régimen de protección de un geositio se refiere al conjunto de medidas, normativas y prácticas establecidas para salvaguardar sus valores geológicos, paleontológicos y paisajísticos. Evaluar el régimen de protección es crucial para asegurar la

preservación a largo plazo del geositio y su entorno. Designación Legal. Normativas de Acceso y Uso. Vigilancia y Monitoreo. Restricciones a la Extracción. Educación y Concientización, Participación Comunitaria, Iniciativas de Conservación, Coordinación Institucional.

6. **Protección física o indirecta:** se refiere a las medidas y estrategias implementadas para resguardar sus características geológicas, paleontológicas y paisajísticas sin afectar negativamente su acceso y disfrute. Se considera la Infraestructuras de Acceso, Señalización Informativa, Zonas de Restricción, Control de Flujos de Visitantes, Monitoreo de Visitas, Restauración de Áreas Degradadas, Coordinación con Comunidades Locales, Programas Educativos.
7. **Accesibilidad:** La accesibilidad de un geositio se refiere a la facilidad o dificultad para llegar a él, considerando factores como la infraestructura de transporte, la proximidad a vías principales y las condiciones del terreno. Vías de Acceso, Distancia desde Vías Principal, Medios de Transporte, Infraestructuras para Visitantes, Señalización de Rutas, Condiciones del Terreno, Adaptabilidad a Personas con Movilidad Reducida. Accesibilidad en Condiciones Climáticas Adversas.
8. **Régimen de propiedad del suelo:** El régimen de propiedad del suelo de un geositio se refiere a la titularidad y gestión de la tierra en la que se encuentra el geositio. Titularidad del suelo; condiciones del arrendamiento; restricciones de uso del suelo; regulación gubernamental: involucramiento de la comunidad local; programas de conservación y preservación. Historial de cambios en la propiedad.
9. **Densidad de Población:** La densidad de población es un indicador clave al evaluar la vulnerabilidad y la gestión de geositios. Se debe de considerar la densidad poblacional en las inmediaciones; tendencias de crecimiento poblacional; actividades humanas en la zona; infraestructura urbana; niveles de conciencia y educación ambiental; participación comunitaria en la conservación; capacidad de resiliencia comunitaria; sensibilidad cultural y social.
10. **Cercanía a zonas recreativas:** es esencial al evaluar geositios, ya que la proximidad a áreas recreativas puede influir en su vulnerabilidad y gestión. Definición de Zonas Recreativas, Presión Turística, Infraestructuras Recreativas, Planificación del Desarrollo Recreativo,

Gestión de Residuos y Contaminación, Participación Comunitaria en la Gestión Recreativa.  
Impacto en la Flora y Fauna, Educación Ambiental en Zonas Recreativas.

La evaluación integral de estos parámetros proporciona una base sólida para el diseño de estrategias efectivas de conservación y manejo, asegurando la preservación a largo plazo de los geositorios.

### **Clasificación de la vulnerabilidad**

Para la categorización de la vulnerabilidad de los geositorios, luego que se haya definido la calidad de los parámetros, se calcula el total de punto para cada geositorio sobre la base de 100 puntos donde se establece la siguiente clasificación:

#### **1. Alta Vulnerabilidad.**

- Descripción: Geositorios que han alcanzado una puntuación total entre 90 y 100 puntos.
- Características: Indica una vulnerabilidad significativa, donde múltiples factores podrían amenazar la integridad del sitio.
- Acciones Sugeridas: Requiere medidas de gestión y conservación intensivas para proteger el geositorio de posibles amenazas.

#### **2. Vulnerabilidad Media.**

- Descripción: Geositorios que han obtenido una puntuación total entre 75 y 89 puntos.
- Características: Indica un nivel moderado de vulnerabilidad, con ciertos factores que podrían afectar el geositorio.
- Acciones Sugeridas: Se necesitan medidas de gestión y monitoreo para mitigar los riesgos y preservar el valor del geositorio.

#### **3. Vulnerabilidad Baja.**

- Descripción: Geositorios con una puntuación total entre 50 y 74 puntos.
- Características: Muestra una vulnerabilidad relativamente baja, con menos amenazas significativas.
- Acciones Sugeridas: Aunque la vulnerabilidad es baja, se deben implementar prácticas de gestión para garantizar la conservación a largo plazo.

Estos rangos de clasificación permiten una evaluación rápida y efectiva de la vulnerabilidad de cada geositio, facilitando la implementación de estrategias y medidas de conservación adaptadas a su nivel de riesgo percibido.

### 2.3 Etapa II. Trabajo de campo.

La segunda etapa corresponde al trabajo de campo, en esta se realizan visitas a los diferentes geositios con el objetivo de caracterizarlos, documentarlos y verificar las descripciones de otros autores según la bibliografía consultada (Ver Figura 8). Se toman varias fotos panorámicas y de detalles para apoyar las descripciones. En la ejecución de esta tarea se valida los aspectos analizados en la etapa precedente y se establecen las regularidades para la implementación de las medidas de protección de los geositios esto se realiza por medio del desarrollo en varias campañas de corta duración.

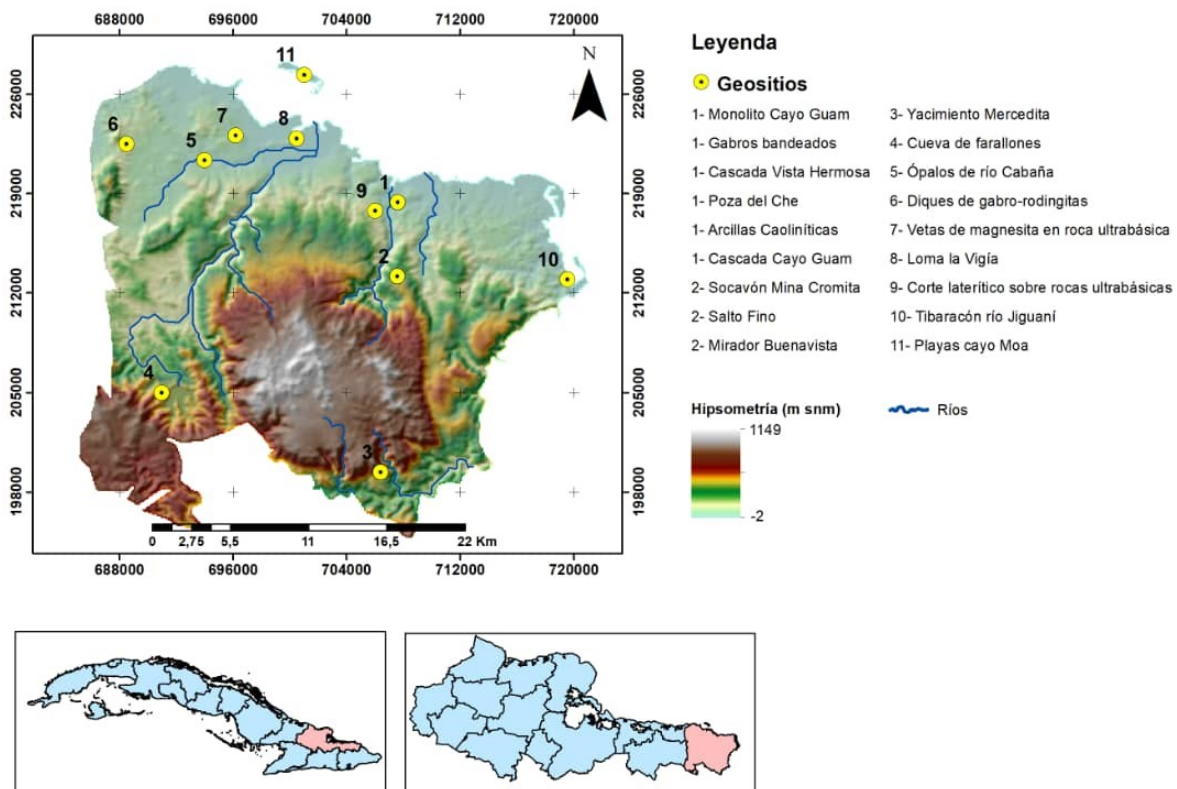


Figura 9. Esquema de ubicación geográfica de los geositios en el municipio de Moa.

### **2.4 Etapa III. Procesamiento de la Información.**

Dadas las etapas mencionadas previamente en el diseño de investigación, las acciones propuestas se definen la identificación de los principales factores de riesgo que podrían llevar a la destrucción de los geositos seleccionados. Esto incluiría la evaluación de factores geológicos, como movimientos de masas o erosión, así como factores antropogénicos, como la urbanización, la explotación minera o la deforestación.

Se realiza un análisis detallado de cada factor de riesgo identificado, para comprender su impacto potencial en la integridad de los geositos y su grado de influencia. Además, se evalúa la fragilidad intrínseca de cada geosito frente a los factores de riesgo identificados. Esto implica analizar su estructura geológica, su sensibilidad a procesos de desgaste o erosión, así como su capacidad de recuperación natural. El procesamiento de la información se realizó con el Excel y el gestor bibliográfico el Mendeley 1.98.

En la tercera etapa, se busca identificar los principales factores de riesgo que amenazan los geositos seleccionados y desarrollar estrategias y recomendaciones concretas para mitigarlos. El objetivo es garantizar la protección y conservación efectiva de los geositos, a partir de valorar su fragilidad intrínseca y los impactos antrópicos.

## CAPÍTULO III: Peligros naturales en sitios de interés geológico en el Municipio de Moa

### 3.1. Caracterización de sitios de interés geológico en la el Municipio de Moa

#### Geositios 1. Gabros bandeados (Cayo Guam-Camarioca)

Localidad: Poblado más cercano, Punta Gorda. En las proximidades de la planta de ferróniquel de Las Camariocas, Municipio Moa, vía de acceso: Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½  
Coordenadas planas: X: 707 600, Y: 218 400 Hoja en el mapa: Plancheta 5277-IV MOA del ICCC (Instituto Cubano de Cartografía y Catastro) 1956.

El geositio analizado presenta una puntuación total de 91 puntos, clasificándolo como poseedor de una Alta Vulnerabilidad. Esta evaluación se fundamenta en diversos factores, tales como su cercanía a la carretera, exponiéndolo a la acción antrópica del hombre, así como la toma de muestras para rellenar caminos, indicando un interés para la explotación minera. La baja cobertura vegetal y la falta de medidas de protección física o indirecta contribuyen a su fragilidad intrínseca, justificando la necesidad de acciones intensivas de gestión y conservación para salvaguardar este geositio de posibles amenazas ver (Tabla 3 y Figura 10).

Tabla 3. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN   | PESO |
|------------------------------------|---|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre.  | 15   |
| Interés para la explotación minera | En el área de estudio se han tomado muestras para rellenar caminos.   | 10   |
| Vulnerabilidad natural             | El sitio posee poca cobertura vegetal.  | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta alta fragilidad debido al tipo de roca que afloran en el área del geositio  | 10   |
| Régimen de protección              | El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales, que deben de proteger y conservar el geositio. | 8    |
| Protección física o indirecta      | No se encuentra protegido   | 12   |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa su vulnerabilidad  | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Es de acceso libre  | 5    |
| Densidad de población              | En el lugar del geositio no hay población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentran situados en cercanía y en zonas recreativas   | 5    |
|                                    | Vulnerabilidad  | 91   |



Figura 10. Gabros bandeados (Cayo Guam-Camarioca)

### **Geositio 2. Arcillas Caolínicas de Cayo Guam.**

Localidad: Poblado más cercano, Punta Gorda. En las proximidades de la planta de ferrónquel de Las Camarioca. Municipio: Moa. Vía de acceso: Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½. Coordenadas planas: X: 707 600, Y: 218 400. Hoja en el mapa: Plancheta 5277-IV MOA.

Arcillas Caolínicas de Cayo Guam, destaca por la presencia de arcillas caolínicas con coloraciones distintivas y características físicas particulares. Estas arcillas, afectadas por meteorización y erosión, muestran crestas formadas por procesos diferenciales de meteorización. El interés en la explotación minera, específicamente para la producción de cemento de bajo carbono, se combina con la alta vulnerabilidad natural del sitio debido a la pérdida de material y su estabilidad comprometida. A pesar de su vulnerabilidad, el geositio se beneficia de una protección legal establecida por la ley de patrimonio geológico, ofreciendo cierta salvaguarda. Sin embargo, su fácil accesibilidad y proximidad a zonas recreativas aumentan su vulnerabilidad antrópica. La combinación de estas características resulta en una puntuación de vulnerabilidad total de 77, indicando la necesidad de estrategias de gestión y conservación que equilibren el interés minero con la preservación del sitio y su entorno ver (Tabla 4 y Figura 11).



Tabla 4. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN  | PESO |
|------------------------------------|--|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre.   | 10   |
| Interés para la explotación minera | En estudio por interés de cemento de bajo carbono  | 10   |
| Vulnerabilidad natural             | El sitio tiene una alta vulnerabilidad, se encuentra afectado por procesos de meteorización y erosión los cuales causan pérdida de material del geositio y estabilidad | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta alta fragilidad debido al tipo de roca que afloran, en este caso las margas son rocas frágiles debido a su génesis.                                  | 10   |
| Régimen de protección              | Se encuentra protegido por la ley de patrimonio geológico  | 4    |
| Protección física o indirecta      | Ley de patrimonio geológico  | 12   |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa la vulnerabilidad del punto   | 7    |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5    |
| Densidad de población              | No hay población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentra en las cercanías de una zona recreativa   | 3    |
|                                    |  | 77   |



Figura 11. Arcillas Caolínicas de Cayo Guam.

### Geositio 3. Cascada Cayo Guam

Localidad: Poblado más cercano, Punta Gorda. Municipio: Moa. Vía de acceso: Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½. Coordenadas planas: X: 707 600, Y: 218 400. Hoja en el mapa: Plancheta 5277-IV MOA.

Cascada Cayo Guam, emerge como un punto focal en el río Cayo Guam, deslumbrando con su esplendor y encarnando la belleza natural de la región moense. Con una altitud de 76 metros

sobre el nivel del mar, el salto de agua exhibe dos cascadas, con caídas verticales de 25 y 27 metros respectivamente, rodeadas por una exuberante vegetación y especies características. Las rocas ultramáficas, principalmente dunitas y harzburgitas serpentinizadas, aportan un valor científico significativo al geositio.

A pesar de su elevada representatividad estética y paisajística, así como su importancia didáctica y científica, el geositio enfrenta desafíos de vulnerabilidad. Su proximidad a la carretera y fácil accesibilidad incrementan la vulnerabilidad antrópica, mientras que la falta de protección física o indirecta y su exposición a la erosión contribuyen a su vulnerabilidad natural. Aunque la fragilidad intrínseca es baja debido al tipo de roca, se resalta la necesidad de medidas de conservación y gestión para preservar este valioso geositio y garantizar su disfrute sostenible. La puntuación total de vulnerabilidad es de 73, indicando la importancia de estrategias de manejo que equilibren su conservación con la actividad turística y recreativa circundante ver (figura 12 y tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| <b>PARÁMETRO DE VALORACIÓN</b>     | <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>PESO</b> |
|------------------------------------|--|-------------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre                                  | 10          |
| Interés para la explotación minera | Posee un interés para el uso de las aguas  | 5           |
| Vulnerabilidad natural             | El sitio posee una exuberante vegetación y con una alta vulnerabilidad debido a que está expuesto a la erosión | 8           |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta baja fragilidad debido al tipo de roca que afloran   | 6           |
| Régimen de protección              | No posee protección  | 8           |
| Protección física o indirecta      | No tiene   | 12          |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa la vulnerabilidad del punto   | 10          |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5           |
| Densidad de población              | No hay población   | 4           |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentra en las cercanías de una zona recreativa   | 5           |
|                                    |  | 73          |



Figura 12. **Cascada Cayo Guam**

#### **Geositio 4. Monolito Cayo Guam.**

Localidad: Poblado más cercano, Punta Gorda. Municipio: Moa. Vía de acceso: Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½. Coordenadas planas: X: 707 600, Y: 218 400

El Geositio 4, conocido como Monolito Cayo Guam, se destaca por la presencia de un bloque monolítico de 3 metros de altura, revelando rocas del complejo ofiolítico. Las aguas cristalinas forman cascadas impresionantes, proporcionando una vista espectacular de la estructura tectónica del área. Aunque presenta una exuberante vegetación y biodiversidad, el sitio es vulnerable a procesos erosivos y carece de protección efectiva. Este geositio, de tamaño mediano, resulta de interés educativo para disciplinas como Ingeniería Minera, Geología, Geografía y Geomorfología, sirviendo como un laboratorio natural para la enseñanza práctica. Sin embargo, su vulnerabilidad antrópica y la falta de protección física lo colocan en riesgo. A pesar de su accesibilidad moderada, la ausencia de medidas de conservación es un desafío importante ver (tabla 6 y figura 13).

Tabla 6.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN  | PESO |
|------------------------------------|--|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre                                  | 10   |
| Interés para la explotación minera | Posee un interés para el uso de las aguas  | 5    |
| Vulnerabilidad natural             | El sitio posee una exuberante vegetación y con una alta vulnerabilidad debido a que está expuesto a la erosión | 8    |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta baja fragilidad debido al tipo de roca que afloran   | 6    |
| Régimen de protección              | No posee protección  | 8    |
| Protección física o indirecta      | No tiene   | 12   |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa la vulnerabilidad del punto   | 4    |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5    |
| Densidad de población              | No hay población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentra en las cercanías de una zona recreativa   | 3    |
|                                    |  | 65   |



Figura 13. Fotografía Monolito Cayo Guam.

**Geositio 5. Cascada Vista Hermosa, Cayo Guam.**

Localidad: Poblado más cercano, Punta Gorda. En las proximidades de la planta de ferróníquel de Las Camarioca. Municipio: Moa. Vía de acceso: Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½. Coordenadas planas: X: 707 600, Y: 218 400. Hoja en el mapa: Plancheta 5277-IV MOA.



Cascada Vista Hermosa, se destaca como un atractivo en el sector Cayo Guam. Con caídas verticales de 9 metros, las aguas cristalinas fluyen en cascada, creando un paisaje impresionante con rocas del complejo ofiolítico. Aunque exhibe una exuberante vegetación y fauna endémica, su vulnerabilidad antrópica y natural, combinada con la falta de protección, plantea preocupaciones. La accesibilidad fácil y su proximidad a zonas recreativas incrementan la vulnerabilidad del sitio. La puntuación total de vulnerabilidad es de 70, sugiriendo la necesidad de medidas de conservación y gestión para preservar este regalo natural de la naturaleza y su biodiversidad única, ver (Tabla 7 y Figura 14).

Tabla 7. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN  | PESO |
|------------------------------------|--|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre                                  | 10   |
| Interés para la explotación minera | Posee un interés para el uso de las aguas  | 5    |
| Vulnerabilidad natural             | El sitio posee una exuberante vegetación y con una alta vulnerabilidad debido a que está expuesto a la erosión | 8    |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta baja fragilidad debido al tipo de roca que afloran   | 6    |
| Régimen de protección              | No posee protección  | 8    |
| Protección física o indirecta      | No tiene   | 12   |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa la vulnerabilidad del punto   | 7    |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5    |
| Densidad de población              | No hay población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentra en las cercanías de una zona recreativa   | 5    |
|                                    |  | 70   |



Figura 14. Cascada Vista Hermosa, Cayo Guam.

### **Geosítio 6. Poza del Che.**

El Geosítio 6, conocido como Poza del Che, se encuentra en el municipio de Moa, cerca del poblado de Punta Gorda, con acceso a través de la Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½, y está geográficamente ubicado en las coordenadas planas X: 707,600 e Y: 218,400 según la Plancheta 5277-IV MOA.

Este sitio se distingue por la presencia destacada de rocas del complejo ultramáfico en el Sector Cayo Guam. Las muestras macroscópicas exhiben una variedad de colores, desde verde hasta verde negruzco y grises, y se clasifican como dunitas y harzburgitas serpentinizadas. También se pueden observar bloques de gabro pegmatitas en la zona. La acción geológica del río ha formado bancos de arena, evidenciando el transporte de sedimentos, y a lo largo del camino se aprecian algunos deslizamientos.

La Poza del Che es especialmente valiosa como un laboratorio natural para clases de campo en disciplinas como Ingeniería Minera, Geología, Geografía y Geomorfología. Además, su potencial para la contemplación, el ocio y la recreación lo posiciona como un lugar ideal para el desarrollo turístico.

La valoración del geosítio según varios parámetros arroja una vulnerabilidad total de 82. Esta evaluación se basa en su proximidad a la carretera y su uso recreativo, lo que lo expone a la acción antrópica (15). Aunque no presenta interés para la explotación minera (5), su alta vulnerabilidad natural debido a riesgos naturales como inundaciones (12) y su fácil accesibilidad (10) contribuyen a su evaluación general. La falta de protección (8), tanto física como indirecta, y la cercanía a zonas recreativas (5) también son factores que aumentan su vulnerabilidad. A pesar de su baja fragilidad intrínseca debido al tipo de roca que aflora (6), su vulnerabilidad global se mantiene en 82 ver (Tabla 8 y Figura 15).

Tabla 8. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN  | PESO |
|------------------------------------|--|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre, es utilizado como un lugar recreativo | 15   |
| Interés para la explotación minera | No tiene   | 5    |
| Vulnerabilidad natural             | Tiene una alta vulnerabilidad ya que está expuesto a peligros naturales como las inundaciones                        | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta baja fragilidad debido al tipo de roca que afloran   | 6    |
| Régimen de protección              | No posee protección  | 8    |
| Protección física o indirecta      | No tiene   | 12   |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa la vulnerabilidad del punto   | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5    |
| Densidad de población              | No hay población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | Es una zona recreativa   | 5    |
|                                    |  | 82   |



Figura 15. Poza del Che.

## **Geosítio 7. Socavón Mina Cromita Cayo Guam 2.**

El Geosítio 7, conocido como Socavón Mina Cromita Cayo Guam 2, está ubicado en la parte noreste de la provincia de Holguín, en el municipio Moa, a 10 km de Punta Gorda. Se sitúa en la margen izquierda del río Cayo Guam, en la ladera de una montaña, a la que se accede por la Carretera de Moa-Baracoa km 7 y  $\frac{1}{2}$ , con coordenadas planas X: 707580 e Y: 213192 y hoja en el mapa Plancheta 5277-IV MOA.

Este sitio minero, explotado desde la década del 40, presenta dos socavones en buen estado, ubicados a unos 230 y 300 metros sobre el nivel del mar. Geológicamente, se encuentra en litologías cumulativas ultramafitas, con rocas ultrabásicas como harzburgitas serpentinizadas, dunitas y dunitas serpentinizadas. El complejo acumulativo gabroide está representado por garbos normales, garbos alivínicos, troctolitas y noritas (Fonseca, 1992). Las litologías ultramafitas se presentan estratificadas y en forma de lentes, concordantes con las litologías encajantes, mientras que los diques de gabros–pegmatitas son concordantes con las litologías presentes y la mineralización cromífera.

La mineralización cromífera masiva en los cuerpos minerales se acompaña de sulfuros como piritas, calcopirita y millerita, y se han identificado fases de mineralización de los elementos del grupo del platino, representando en serie isomórficas lauritaerlichmanita (Muñoz, 1997). La explotación inicial del yacimiento ocurrió entre 1918 y 1919, cerrando en 1981 por agotamiento de las reservas. Este lugar marcó el inicio de la actividad minera en la región y el surgimiento del primer asentamiento poblacional de los obreros de la mina en Punta Gorda, al norte. Un rasgo distintivo es el gran desarrollo de diques de pegmatoidesgabroicos, que cortan los cuerpos de cromititas y otros tipos litológicos, proporcionando valor patrimonial por aspectos petrológicos, económicos, culturales e históricos, además de la belleza natural del entorno.

La evaluación del geosítio según diferentes parámetros revela una vulnerabilidad total de 87. Esta se atribuye a su proximidad a una zona recreativa y su exposición a la acción antrópica (15), el interés para la explotación minera, específicamente por su reserva de cromo (10), y su alta vulnerabilidad natural debido a la inestabilidad del suelo y riesgos sísmicos (12). Aunque presenta baja fragilidad intrínseca, su falta de protección (8) y fácil accesibilidad (10) contribuyen a su vulnerabilidad general. Su régimen de propiedad del suelo es de acceso libre (5), y no hay densidad de población significativa (4), pero su cercanía a zonas recreativas (5) amplía su vulnerabilidad ver (Tabla 9 y Figura 16)



Tabla 9. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN  | PESO |
|------------------------------------|--|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de una zona recreativa y expuesto a la acción antrópica del hombre                                      | 15   |
| Interés para la explotación minera | Posee una reserva de cromo   | 10   |
| Vulnerabilidad natural             | Tiene una alta vulnerabilidad debido a la inestabilidad de los suelos está expuesta a terremotos o deslizamientos de rocas | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta baja fragilidad debido al tipo de roca que afloran   | 6    |
| Régimen de protección              | No posee protección  | 8    |
| Protección física o indirecta      | No tiene   | 12   |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa la vulnerabilidad del punto   | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5    |
| Densidad de población              | No hay población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentra en las cercanías de una zona recreativa   | 5    |
|                                    |  | 87   |



Figura 16. Socavón Mina Cromita Cayo Guam 2.

### Geositio 8. Cascada de cromita, Cayo Guam.

El Geositio 8, conocido como Salto Fino en Cayo Guam, ubicado en el municipio de Moa, cerca de Punta Gorda, se accede a través de la Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½. Con coordenadas X: 707580 e Y: 213192, este sitio requiere recorrer aproximadamente 500 metros para llegar. El agua cae desde una altura de unos 27 metros, procedente del sistema de drenaje de la antigua mina de cromo Cayo Guam. Salto Fino presenta dos cascadas y se caracteriza por su acceso difícil, siendo poco accesible y vulnerable a los procesos erosivos.

En cuanto a las litologías presentes en el sitio, se observan rocas cumulativas ultramafitas, donde las rocas ultrabásicas, como harzburgitas serpentinizadas, dunitas y dunitas serpentinizadas, son destacadas desde el punto de vista petrológico (Fonseca, 1992). La zona exhibe una vegetación típica con especies de orquídeas, helechos, arbustos emergentes y árboles de 15 a 20 metros de altura. Con un tamaño mediano, este geositio posee un interés pedagógico para la enseñanza de la geología general, además de atraer al turismo de naturaleza debido a su biodiversidad destacada.

Al evaluar el geositio según varios parámetros, se destaca su baja vulnerabilidad, con una puntuación total de 67. Este valor se fundamenta en su exposición limitada a la acción antrópica, su interés moderado para la explotación minera, su exuberante vegetación que, aunque lo hace vulnerable a la erosión, también indica una baja fragilidad intrínseca. Aunque no cuenta con protección, su acceso no es extremadamente difícil, y su proximidad a una zona recreativa contribuye positivamente a su valoración general ver (Tabla 10 y Figura 17).

Tabla 10. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| <b>PARÁMETRO DE VALORACIÓN</b>     | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>PESO</b> |
|------------------------------------|---|-------------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre                             | 10          |
| Interés para la explotación minera | Posee un interés para el uso de las aguas, se pueden utilizar para el consumo humano                      | 5           |
| Vulnerabilidad natural             | El sitio posee una exuberante vegetación, presenta vulnerabilidad debido a que está expuesto a la erosión | 8           |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta baja fragilidad debido al tipo de roca que afloran                                      | 6           |
| Régimen de protección              | No posee protección   | 8           |
| Protección física o indirecta      | No tiene  | 12          |
| Accesibilidad                      | No es de muy fácil acceso   | 4           |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre  | 5           |
| Densidad de población              | No hay población  | 4           |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentra en las cercanías de una zona recreativa  | 5           |
|                                    |   | <b>67</b>   |



Figura 17. Cascada de cromita, Cayo Guam.

### **Geositio 9. Mirador Buenavista**

El Geositio 9, denominado Mirador Buenavista, está situado en el municipio de Moa, cerca del poblado de Punta Gorda, con acceso mediante la Carretera de Moa-Baracoa km 7 y ½. Sus coordenadas planas son X: 707580 e Y: 213192, según la Plancheta 5277-IV MOA.

Buenavista se distingue por ser un sector que trasciende su función geográfica al transmitir historias de identidad, apego y emociones a través de su paisaje. Reconocido por su belleza, el área ofrece atractivos naturales y culturales, siendo propicio para la práctica fotográfica, caminatas con diversos niveles de dificultad y la exploración de distintos puntos de interés. El recorrido se inicia en la base del campismo Cayo Guam, ascendiendo por el lindero del río y tomando el camino veredal que rodea el cerro, brindando una experiencia escalonada hacia la estación más alta del sector.

En cuanto a la valoración del geositio según diferentes parámetros, se destaca una vulnerabilidad total de 72. Esta evaluación se fundamenta en su proximidad a la carretera y su exposición a la acción antrópica (10). Además, el área presenta interés para la explotación minera, especialmente para cromo y materiales de construcción (10). Su vulnerabilidad natural es significativa debido a la exuberante vegetación y a la pendiente pronunciada de 70 grados, propensa a desastres geológicos como deslizamientos (12). A pesar de su baja fragilidad intrínseca, dada la naturaleza de las rocas que afloran (6), la falta de protección física o indirecta (7), junto con su accesibilidad

fácil (7), contribuyen a su vulnerabilidad general. La cercanía a zonas recreativas (3) también influye en la evaluación global de vulnerabilidad ver (Tabla 11 y Figura 18).

Tabla 11. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN  | PESO |
|------------------------------------|--|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre  | 10   |
| Interés para la explotación minera | Para la explotación del cromo y para materiales de la construcción   | 10   |
| Vulnerabilidad natural             | El sitio posee una exuberante vegetación y con una alta vulnerabilidad debido a problemas y desastres geológica como los deslizamientos, el punto posee una pendiente de 70° provocando remociones en masa | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta baja fragilidad debido al tipo de roca que afloran   | 6    |
| Régimen de protección              | No posee protección  | 8    |
| Protección física o indirecta      | No tiene   | 7    |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso lo que incrementa la vulnerabilidad del punto   | 7    |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5    |
| Densidad de población              | No hay población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | Se encuentra en las cercanías de una zona recreativa   | 3    |
|                                    |  | 72   |



Figura 18. Fotografía del Mirador Buenavista.

### **Geosítio 10. Yacimiento Mercedita (antigua mina)**

Conocido como Yacimiento Mercedita, está ubicado en La Melba, Municipio Moa, con acceso a través de una carretera no asfaltada que se desprende de la carretera Moa-Baracoa, a unos 45 km del municipio Moa y a 8 km del poblado La Melba. Sus coordenadas planas son I X: 706 400, Y: 199 400, y se encuentra en la hoja del mapa Palenque 5277-III, a una escala de 1:50000. Este geosítio ha sido categorizado como C, con una puntuación de 75 puntos. El yacimiento Mercedita, situado en el Macizo Ofiolítico Moa-Baracoa (noreste de Cuba), explotaba cuerpos de cromititas encajados en dunitas y harzburgitas de los términos superiores de las tectonitas mantélicas, próximos a los niveles de gabros bandeados (Moho Transition Zone). Se trata de cuerpos concordantes de cromititas masivas con fracturas de pull-apart. La propuesta incluye referencias a estudios previos (Domínguez González L. 2005, Proenza J.A.; et. 1998, Arniella Orama A. 2003).

En cuanto a la evaluación del geosítio, se han establecido parámetros de valoración, donde se destaca su alta vulnerabilidad antrópica debido a la actividad minera, con un peso de 15 puntos. Además, presenta un interés significativo para la explotación minera con una reserva mineral de cromo valorada en 10 puntos. La vulnerabilidad natural se atribuye a exposición a peligros como remociones en masa, otorgándole 12 puntos. La baja fragilidad intrínseca, derivada del tipo de roca en el punto geológico, recibe una puntuación de 6 puntos. El régimen de protección, bajo la ley de patrimonio nacional, suma 4 puntos, mientras que la accesibilidad desde la comunidad de La Melba, a 3 km de distancia, se valora en 10 puntos. Otros aspectos, como el régimen de propiedad del suelo, la densidad de población y la cercanía a zonas recreativas, también se toman en cuenta en la valoración global, que alcanza un total de 73 puntos ver (Tabla 12 y Figura 19).



Tabla 12. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN   | PESO |
|------------------------------------|---|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Tiene una alta vulnerabilidad debido a la actividad minera  | 15   |
| Interés para la explotación minera | Reserva mineral de cromo  | 10   |
| Vulnerabilidad natural             | Posee una alta vulnerabilidad porque está expuesta a peligros naturales como las remociones en masa | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | Una baja fragilidad debido al tipo de roca que posee el punto geológico                             | 6    |
| Régimen de protección              | Está protegida ley de patrimonio nacional   | 4    |
| Protección física o indirecta      | Ley de patrimonio nacional  | 5    |
| Accesibilidad                      | Se encuentra a 3km de la comunidad de la melva, posee una fácil accesibilidad                       | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre  | 5    |
| Densidad de población              | La población se encuentra a 3km de la mina  | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | No tiene  | 2    |
|                                    |   | 73   |



Figura 19. Fotografía del Mirador Buenavista.

### Geositio 11. Cueva de farallones

Conocido como Cueva de Farallones, está ubicado en el Poblado de Farallones, perteneciente al Municipio Moa. La vía de acceso se materializa a través de un camino-pedraplén que se desvía de la carretera Sagua-Moa, específicamente en el Km. 18. Esta estructura se sitúa aproximadamente a 18.5 km al sur-suroeste del poblado de Moa, con coordenadas planas X: 691 000, Y: 205 000, y se encuentra en la hoja del mapa Palenque 5277 II, con una escala de 1:50 000. Clasificado como Categoría A, el geositio acumula un total de 86 puntos en la evaluación.

La propuesta para este geositio es su designación como Patrimonio Nacional, respaldada por referencias científicas, específicamente (Domínguez González L. 2005). La descripción breve destaca la manifestación del fenómeno del Carso sobre las secuencias carbonatadas, dando lugar a dolinas y cavernas con pendientes abruptas, contribuyendo a la formación de pequeños mogotes. El río Moa, al penetrar los farallones calizos, crea formas singulares y visualmente atractivas, complementado por el proceso de carstificación y la presencia de abundantes fósiles. En la evaluación detallada del geositio, diversos parámetros son considerados. La vulnerabilidad antrópica, derivada de su proximidad a la carretera y su uso recreativo, suma 15 puntos. El interés para la explotación minera, aunque no especificado, recibe una valoración de 10 puntos. La vulnerabilidad natural se atribuye a las intensas lluvias que provocan la disolución del carso, con un peso de 12 puntos. La fragilidad intrínseca, determinada por el tipo de rocas y el ambiente tropical del sitio geológico, se refleja en una alta puntuación de 10 puntos. La zona está protegida por la ley de patrimonio nacional (4 puntos), con medidas adicionales de protección física o indirecta también respaldadas por la misma ley (12 puntos). La accesibilidad, el régimen de propiedad del suelo, la densidad de población y la cercanía a zonas recreativas también son factores considerados en la evaluación global, que asciende a un total de 91 puntos ver (tabla 13 y figura 20).

Tabla 13. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| <b>PARÁMETRO DE VALORACIÓN</b>     | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>PESO</b> |
|------------------------------------|---|-------------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre, es utilizado como un lugar recreativo    | 15          |
| Interés para la explotación minera |   | 10          |
| Vulnerabilidad natural             | Las intensas lluvias provocan la disolución del carso   | 12          |
| Fragilidad intrínseca              | Una alta fragilidad debido al tipo de rocas que posee el punto geológico y al ambiente tropical que del sitio geológico | 10          |
| Régimen de protección              | Es un área protegida por la ley de patrimonio nacional  | 4           |
| Protección física o indirecta      | Ley de patrimonio nacional  | 12          |
| Accesibilidad                      | Es accesible  | 10          |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre  | 5           |
| Densidad de población              |   | 8           |
| Cercanía a zonas recreativas       | Es una zona recreativa  | 5           |
|                                    |   | 91          |



Figura 20. Cueva de farallones

### **Geositio 12. Ópalos de río Cabaña**

El Geositio 12, denominado Ópalos de Río Cabaña, se ubica en la localidad de Cabañas, perteneciente al Municipio Moa, con acceso a través de la carretera Moa-Armando Mestre y desviación hacia el río. Las coordenadas planas son X: 694000, Y: 221350, y X: 697700, Y: 221150, con una clasificación de Categoría B y una puntuación de 76 puntos en la evaluación. Las referencias científicas para este geositio son proporcionadas por (Domínguez González L. 2005).

La breve descripción destaca la presencia de enormes cuerpos irregulares representados por bloques de ópalos in-situ, con capas más o menos concéntricas del material ópalo de diferentes tonalidades. Se sugiere que en superficie esta manifestación pueda presentar una forma circular, constituyendo la parte superior de un hongo, y que hacia la profundidad se desarrollen las zonas de stockwork de brechas epitermales, así como filones de calcedonia que rellenan los conductos de los antiguos sistemas geotermales.

La evaluación detallada considera varios parámetros. La vulnerabilidad antrópica, debido a la acción minera y la zona de extracción, recibe una alta puntuación de 15 puntos. El geositio muestra un significativo interés para la explotación minera, especialmente para rocas ornamentales, con una valoración de 10 puntos. La vulnerabilidad natural se atribuye a la acción geológica del río, obteniendo 12 puntos. La fragilidad intrínseca, derivada del tipo de roca del sitio de interés geológico, se refleja en una puntuación de 10 puntos. El régimen de protección se destaca al ser declarado geositio y amparado por la ley de patrimonio geológico (4 puntos), con medidas adicionales de protección respaldadas por la misma ley (12 puntos). La accesibilidad se valora en 10 puntos, mientras que el régimen de propiedad del suelo refleja libre acceso con 5



puntos. La ausencia de población y cercanía a zonas recreativas reciben puntuaciones de 4 y 2, respectivamente, resultando en una puntuación total de 84 puntos para el Geositio 12 ver (tabla 14 y figura 21)

Tabla 14. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| <b>PARÁMETRO DE VALORACIÓN</b>     | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>PESO</b> |
|------------------------------------|---|-------------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Tiene una alta vulnerabilidad debido a la acción antrópica del hombre, es una zona minera | 15          |
| Interés para la explotación minera | Tiene un gran interés y para rocas ornamentales   | 10          |
| Vulnerabilidad natural             | Es vulnerable debido a la acción geológica del río  | 12          |
| Fragilidad intrínseca              | Una alta fragilidad debido al tipo de roca que posee el sitio de interés geológico        | 10          |
| Régimen de protección              | Declarado geositio está protegido por la ley de patrimonio geológico                      | 4           |
| Protección física o indirecta      | Ley de patrimonio geológico   | 12          |
| Accesibilidad                      | Es accesible  | 10          |
| Régimen de propiedad del suelo     | Libre acceso  | 5           |
| Densidad de población              | No tiene población  | 4           |
| Cercanía a zonas recreativas       | No tiene  | 2           |
|                                    |   | 84          |



Figura 21. Ópalos de río Cabaña

### **Geosítio 13. Diques de gabro-rodingitas, Yaguaneque**

Denominado Diques de Gabro-Rodingitas en Yaguaneque, se localiza en el lugar más cercano a Yaguaneque, perteneciente al Municipio Moa. La vía de acceso implica una desviación de la carretera Moa-Sagua, cerca de la pollera, y avanza 1 km hacia la base del Cerro de Miraflores, con coordenadas planas X: 688 500, Y: 222 500. Este geosítio, categorizado como B con una puntuación de 82 puntos, cuenta con referencias respaldadas por estudios de (Dominguez González L. 2005) y (Corona Rodríguez A.; Orozco Melgar G.; Rodríguez Vega A. 2013).

La breve descripción resalta la presencia de afloramientos de diques de gabro tardíos en gabros, los cuales instruyen unos gabros de tonalidad mucho más melanocrática. Se observa el proceso metasomático de roditización, siendo parte integral del macizo Moa-Baracoa. Las ultramafitas, que conforman el complejo inferior de la asociación ofiolítica y se distribuyen ampliamente en el Cerro Miraflores cercano al poblado de Yaguaneque, están petrologicamente compuestas por harzburgitas y dunitas, caracterizadas por un alto grado de serpentización.

En términos de valoración, el geosítio muestra una alta vulnerabilidad antrópica al encontrarse cerca de la carretera y estar expuesto a la acción humana, obteniendo 15 puntos. Se destaca su interés para la explotación minera, especialmente para canteras de préstamo, con una puntuación de 10 puntos. La vulnerabilidad natural se asocia a la exposición a agentes erosivos, recibiendo una valoración de 12 puntos. La fragilidad intrínseca del sitio, expuesto a la erosión, se traduce en 6 puntos. El régimen de protección está respaldado por la ley de patrimonio geológico (4 puntos), aunque la protección física o indirecta no se implementa de manera adecuada por parte de las autoridades (12 puntos). La accesibilidad del geosítio se puntúa con 10 puntos, mientras que el régimen de propiedad del suelo refleja acceso libre con 5 puntos. La ausencia de población y la falta de cercanía a zonas recreativas reciben puntuaciones de 4 y 2, respectivamente, sumando una evaluación total de 80 puntos para el Geosítio 13 ver (tabla 15 y figura 22).

Tabla 15. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN   | PESO |
|------------------------------------|---|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre         | 15   |
| Interés para la explotación minera | Para canteras de préstamo   | 10   |
| Vulnerabilidad natural             | Es vulnerable porque está expuesta a los agentes erosivos                             | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | Está expuesta a la erosión  | 6    |
| Régimen de protección              | Está protegido por la ley de patrimonio geológico                                     | 4    |
| Protección física o indirecta      | Está protegido, pero no se toman las medidas pertinentes por parte de las autoridades | 12   |
| Accesibilidad                      | Es accesible  | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre  | 5    |
| Densidad de población              | No tiene población  | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | No tiene  | 2    |
|                                    |   | 80   |



Figura 22. Diques de gabro-rodingitas, Yaguaneque

#### Geositio 14. Vetas de magnesita en roca ultrabásicas

Identificado como Vetas de Magnesita en Roca Ultrabásicas, se localiza en el Municipio Moa, accesible a través de un camino vecinal al norte de la carretera a la entrada de la ciudad de Moa, con coordenadas planas X: 696 200, Y: 223 100. Categorizado como C con una puntuación de 72 puntos, el geositio cuenta con referencias respaldadas por estudios de (Domínguez González L. 2005).

La breve descripción destaca un potente corte artificial que revela diversas vetas de magnesita, rellenando grietas en rocas ultrabásicas. La foliación de las rocas y las zonas cizalladas son claramente visibles, junto con mantos de cabalgamiento.

En cuanto a la valoración del geositio, se observa una alta vulnerabilidad antrópica debido a su exposición a la acción humana, obteniendo 15 puntos. Su interés para la explotación minera se evidencia por su uso como cantera de préstamo, con una puntuación de 10 puntos. La vulnerabilidad natural se atribuye a la exposición a agentes erosivos, recibiendo 8 puntos. La fragilidad intrínseca del sitio, expuesto a la erosión, se refleja en una puntuación de 6 puntos. El régimen de protección está respaldado por la ley de patrimonio geológico, específicamente la Resolución 96 del 2022 GOC-2022-769-084 (4 puntos), aunque la protección física o indirecta no se ha implementado adecuadamente por parte de las autoridades pertinentes, resultando en 7 puntos. La accesibilidad al geositio se califica como buena con 7 puntos, mientras que el régimen de propiedad del suelo refleja acceso libre con 5 puntos. La ausencia de población y la falta de cercanía a zonas recreativas reciben puntuaciones de 4 y 2, respectivamente, sumando una evaluación total de 68 puntos para el Geositio 14 ver (tabla 16 y figura 23).

Tabla 16. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| <b>PARÁMETRO DE VALORACIÓN</b>     | <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>PESO</b> |
|------------------------------------|--|-------------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Tiene una alta vulnerabilidad, expuesto a la acción antrópica del hombre   | 15          |
| Interés para la explotación minera | Se ha utilizado como cantera de préstamo   | 10          |
| Vulnerabilidad natural             | Está expuesta a los agentes erosivos por lo cual es vulnerable   | 8           |
| Fragilidad intrínseca              | Tiene una alta vulnerabilidad, está expuesta a la erosión  | 6           |
| Régimen de protección              | Está protegida por la ley patrimonio geológico resolución 96 del 2022 GOC-2022-769-084                             | 4           |
| Protección física o indirecta      | Se encuentra protegido, pero no se han tomado las medidas correspondientes de parte de las autoridades pertinentes | 7           |
| Accesibilidad                      | Buena accesibilidad  | 7           |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre   | 5           |
| Densidad de población              | No hay población   | 4           |
| Cercanía a zonas recreativas       | No tiene   | 2           |
|                                    |  | 68          |





Figura 22. Vetas de magnesita en roca ultrabásicas

### **Geositio 15. Loma la vigía.**

El Geositio 15, conocido como Loma La Vigía, se ubica en la localidad de Moa, en el Municipio Moa, con acceso a través de la carretera Moa-Baracoa a unos 7 km, en las proximidades del puerto Moa. Sus coordenadas planas son X: 700 500, Y: 222 900, y está clasificado como C con una puntuación de 67 puntos. Este geositio cuenta con referencias provenientes de estudios realizados por (Domínguez González L. 2005).

La breve descripción resalta el afloramiento de serpentinitas, en su mayoría meteorizadas, evidenciando cárcavas bien desarrolladas por la acción de las aguas meteóricas. Se observa la lixiviación parcial del material ultrabásico, dando lugar a oquedades irregulares con la apariencia de un esqueleto, formado por sílice que, en algunos casos, rellena parcial o totalmente las grietas de estas rocas. Esta sílice, por lo general, formas drusas de apreciable belleza.

En términos de valoración, el geositio muestra una alta vulnerabilidad antrópica al encontrarse expuesto a la acción humana, obteniendo 10 puntos. Aunque no presenta interés para la explotación minera, se le asignan 5 puntos. La vulnerabilidad natural se destaca por estar expuesto a procesos erosivos y riesgos geológicos como deslizamientos, obteniendo una puntuación de 12 puntos. La fragilidad intrínseca, expuesta a la erosión, recibe una valoración de 10 puntos. El régimen de protección está respaldado por la ley de patrimonio geológico, específicamente la Resolución 96 del 2022 GOC-2022-769-084 (4 puntos), aunque la protección física o indirecta no se ha implementado adecuadamente por parte de las autoridades pertinentes, resultando en 7 puntos. La accesibilidad al geositio se califica como buena con 10 puntos, mientras que el régimen de propiedad del suelo refleja acceso libre con 5 puntos. La ausencia de población y la falta de cercanía a zonas recreativas reciben puntuaciones de 4 y 2,

respectivamente, sumando una evaluación total de 69 puntos para el Geositio 15 ver (tabla 17 y figura 23).

Tabla 17. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN   | PESO |
|------------------------------------|---|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Tiene una alta vulnerabilidad, expuesto a la acción antrópica del hombre  | 10   |
| Interés para la explotación minera | No tiene  | 5    |
| Vulnerabilidad natural             | Tiene una alta vulnerabilidad ya que está expuesta a altos procesos erosivos y riesgos geológicos como los deslizamientos | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | Tiene una alta vulnerabilidad, está expuesta a la erosión   | 10   |
| Régimen de protección              | Está protegida por la ley patrimonio geológico resolución 96 del 2022 GOC-2022-769-084                                    | 4    |
| Protección física o indirecta      | Se encuentra protegido, pero no se han tomado las medidas correspondientes de parte de las autoridades pertinentes        | 7    |
| Accesibilidad                      | Tiene una buena accesibilidad   | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Libre acceso  | 5    |
| Densidad de población              | No tiene población  | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | No tiene  | 2    |
|                                    |   | 69   |



Figura 23. Loma la vigía.

### **Geosítio 16. Corte laterítico sobre rocas ultrabásicas.**

El Geosítio 16, denominado Corte Laterítico sobre Rocas Ultrabásicas, se encuentra en la localidad más cercana de Punta Gorda, perteneciente al Municipio Moa, con acceso a través del corte laterítico sobre rocas ultrabásicas entre los ríos Punta Gorda y Cayo Guam. Sus coordenadas planas son X: 706 000, Y: 217 800, y está clasificado como C con una puntuación de 74 puntos. Este geosítio cuenta con referencias respaldadas por estudios de (Domínguez González L. 2005).

La breve descripción destaca que los afloramientos representan las potentes cortezas de intemperismo que conforman los yacimientos lateríticos de Hierro, Níquel y Cobalto en la región de Moa. El corte típico de los depósitos lateríticos se compone de cuatro niveles, desde abajo hacia arriba en el corte: 1) serpentinitas desintegradas y compactas, 2) serpentinitas nontronitizadas y lixiviadas, 3) ocres estructurales, y 4) ocres inestructurales.

En cuanto a la valoración del geosítio, se observa una alta vulnerabilidad antrópica al encontrarse expuesto a la acción humana, obteniendo 15 puntos. Su interés para la explotación minera, específicamente para la extracción de minerales, se evidencia con una puntuación de 10 puntos. La vulnerabilidad natural se califica con 12 puntos. La fragilidad intrínseca, expuesta a la erosión, recibe una valoración de 10 puntos. Sin embargo, el régimen de protección no está identificado ni protegido por las autoridades, resultando en una puntuación de 8 puntos. La falta de protección física o indirecta contribuye a una puntuación de 12 puntos. La accesibilidad al geosítio se considera fácil, recibiendo 10 puntos, mientras que el régimen de propiedad del suelo refleja acceso libre con 5 puntos. La ausencia de población y la cercanía a zonas recreativas reciben puntuaciones de 4 y 5, respectivamente, sumando una evaluación total de 91 puntos para el Geosítio 16 ver (tabla 18 y figura 23).



Tabla 18. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN   | PESO |
|------------------------------------|---|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Tiene una alta vulnerabilidad, expuesto a la acción antrópica del hombre      | 15   |
| Interés para la explotación minera | Extracción de minerales   | 10   |
| Vulnerabilidad natural             |   | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | Tiene una alta vulnerabilidad ya que está expuesta a la erosión               | 10   |
| Régimen de protección              | El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades | 8    |
| Protección física o indirecta      | No está protegido   | 12   |
| Accesibilidad                      | Es de fácil acceso  | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Libre acceso  | 5    |
| Densidad de población              | No tiene  | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | El sitio se encuentra en las cercanías de una zona recreativa                 | 5    |
|                                    |   | 91   |



Figura 23. Corte laterítico sobre rocas ultrabásicas.



### **Geosítio 17. Tibaracón río Jiguaní**

Conocido como Tibaracón Río Jiguaní, se localiza en la localidad más cercana al Municipio Moa, con acceso a través de la Carretera Moa-Baracoa, en el límite de los dos municipios. Sus coordenadas planas son X: 719 550, Y: 212 968, y está categorizado como C con una puntuación de 62 puntos. Este geosítio cuenta con referencias respaldadas por estudios de (Sáname Reve, Alcides. 1996), (Dor.c Salvador Massip-Deltas Lineales de las Costas Nordeste de Cuba), (Massip e Ysalgué. 1942), y (Núñez Jiménez, A. 1969).

La breve descripción destaca que la estructura constituye un banco de material friable, compuesto por grava y guijarros, en forma semicircular y cóncava hacia el río, limitando la libre comunicación con el mar. Se asemeja a un pedraplén natural de pocos cientos de metros.

En cuanto a la valoración del geosítio, se observa una alta vulnerabilidad antrópica al encontrarse expuesto a la acción humana, obteniendo 15 puntos. El interés para la explotación minera se manifiesta a través de la minería ilegal, con una puntuación de 10 puntos. La vulnerabilidad natural se atribuye a la acción geológica del río y el mar, recibiendo 12 puntos. La fragilidad intrínseca del sitio, expuesto a la erosión, se refleja en una valoración de 10 puntos. Aunque cuenta con protección legal mediante la ley de patrimonio geológico, específicamente la Resolución 96 del 2022 GOC-2022-769-084, no se han tomado las medidas correspondientes por parte de las autoridades, resultando en 4 puntos. La accesibilidad al geosítio se considera fácil, recibiendo 10 puntos, mientras que el régimen de propiedad del suelo refleja acceso libre con 5 puntos. La ausencia de población y la falta de cercanía a zonas recreativas reciben puntuaciones de 4 y 5, respectivamente, sumando una evaluación total de 87 puntos para el Geosítio 17 ver (tabla 19 y figura 24).

Tabla 19. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geosito.

| PARÁMETRO DE VALORACIÓN            | DESCRIPCIÓN  | PESO |
|------------------------------------|--|------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Se encuentra expuesta a la acción antrópica del hombre   | 15   |
| Interés para la explotación minera | Minería ilegal, se extrae la arena de manera ilegal  | 10   |
| Vulnerabilidad natural             | Es vulnerable debido a la acción geológica del río y el mar  | 12   |
| Fragilidad intrínseca              | Tiene una alta vulnerabilidad ya que está expuesta a la erosión  | 10   |
| Régimen de protección              | Está protegida por la ley patrimonio geológico resolución 96 del 2022 GOC-2022-769-084                             | 4    |
| Protección física o indirecta      | Se encuentra protegido, pero no se han tomado las medidas correspondientes de parte de las autoridades pertinentes | 12   |
| Accesibilidad                      | De fácil acceso  | 10   |
| Régimen de propiedad del suelo     | Libre acceso   | 5    |
| Densidad de población              | No posee población   | 4    |
| Cercanía a zonas recreativas       | No tiene   | 5    |
|                                    |  | 87   |



Figura 24. Tibaracón río Jiguaní

### Geosito 18. Playa Cayo Moa

El Geosito 18, denominado Playas Cayo Moa, se encuentra ubicado en la localidad de Moa, con coordenadas geográficas de Latitud: 20.6928 y Longitud: -74.9103, y coordenadas planas X: 701 020, Y: 227 369. Este geosito está propuesto como C con una puntuación de 74 puntos y cuenta con referencias de (Cervantes Y.; Almaguer Yuri. et al. 2009) y (Núñez Jiménez, A. 1969).

La breve descripción destaca las características particulares de la costa en Cayo Moa Grande, resaltando la conformación de llanuras acumulativas cenagosas y bajas en la parte meridional, mientras que en la septentrional se observan costas acumulativas arenosas con una extensa zona de playa de fondos muy someros. La presencia de troncos de Casuarinas desraizadas y otras en la porción del mar sugiere un retroceso de la línea de costa.

En cuanto a la valoración del geosítio, se evidencia una alta vulnerabilidad antrópica debido a la acción humana, obteniendo 15 puntos. El interés para la explotación minera se destaca con una puntuación de 10 puntos. La vulnerabilidad natural se atribuye a la exposición a procesos erosivos y la acción del mar, recibiendo 12 puntos. La fragilidad intrínseca del sitio, sometido a diversos procesos, se refleja en una valoración de 10 puntos. Aunque no cuenta con un régimen de protección identificado, se le asigna una puntuación de 8 puntos. La falta de protección física o indirecta contribuye a una puntuación de 12 puntos. La accesibilidad al geosítio se considera fácil, recibiendo 10 puntos, mientras que el régimen de propiedad del suelo refleja acceso libre con 5 puntos. La ausencia de población y la cercanía a zonas recreativas reciben puntuaciones de 4 y 5, respectivamente, sumando una evaluación total de 91 puntos para el Geosítio 18 ver (tabla 20 y figura 25).

Tabla 20. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geosítio.

| <b>PARÁMETRO DE VALORACIÓN</b>     | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>PESO</b> |
|------------------------------------|---|-------------|
| Vulnerabilidad antrópica           | Presenta una alta vulnerabilidad por la acción antrópica del hombre                                 | 15          |
| Interés para la explotación minera | Tiene una gran importancia minera   | 10          |
| Vulnerabilidad natural             | Presenta una alta vulnerabilidad ya que está expuesta a los procesos erosivos y a la acción del mar | 12          |
| Fragilidad intrínseca              | El sitio presenta alta fragilidad por los procesos a los que está sometido                          | 10          |
| Régimen de protección              | No se encuentran protegidas   | 8           |
| Protección física o indirecta      | No tiene  | 12          |
| Accesibilidad                      | Accesible   | 10          |
| Régimen de propiedad del suelo     | Acceso libre  | 5           |
| Densidad de población              | No tiene  | 4           |
| Cercanía a zonas recreativas       |   | 5           |
|                                    |   | 91          |



Figura 25. Playa Cayo Moa

### 3.2. Análisis de los principales factores de riesgo que podrían llevar a la destrucción de los geositios.

Tabla 21).

| Puntos | Vulnerabilidad antrópica |       |      | Interés para la explotación minera |      | Vulnerabilidad natural |            |                 | Fragilidad intrínseca |      | Régimen de protección |           | Protección física o indirecta |       |      | Accesibilidad |           |                | Régimen de propiedad del suelo |         | Densidad de población |       |      | Cercanía a zonas recreativas |       |          |    |    |
|--------|--------------------------|-------|------|------------------------------------|------|------------------------|------------|-----------------|-----------------------|------|-----------------------|-----------|-------------------------------|-------|------|---------------|-----------|----------------|--------------------------------|---------|-----------------------|-------|------|------------------------------|-------|----------|----|----|
|        | Alta                     | Media | Baja | Alta                               | Bajo | Muy vulnerable         | Vulnerable | Poco vulnerable | Alta                  | Baja | No protegido          | Protegido | Baja                          | Medio | Alta | Muy accesible | accesible | poco accesible | Estatal                        | Privada | Alta                  | Media | Baja | Muy cerca                    | Cerca | Distante |    |    |
|        | 15                       | 10    | 5    | 10                                 | 5    | 12                     | 8          | 4               | 10                    | 6    | 8                     | 4         | 12                            | 7     | 5    | 10            | 7         | 4              | 5                              | 10      | 8                     | 6     | 4    | 5                            | 3     | 2        |    |    |
| 1      | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 | 10                    |      | 8                     |           | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 91 | VA |
| 2      |                          | 10    |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 | 10                    |      |                       | 4         | 12                            |       |      |               | 7         |                | 5                              |         |                       |       | 4    |                              | 3     |          | 77 | VM |
| 3      |                          | 10    |      |                                    | 5    |                        | 8          |                 |                       | 6    | 8                     |           | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 73 | VB |
| 4      |                          | 10    |      |                                    | 5    |                        | 8          |                 |                       | 6    | 8                     |           | 12                            |       |      |               | 4         |                | 5                              |         |                       |       | 4    |                              | 3     |          | 65 | VB |
| 5      |                          | 10    |      |                                    | 5    |                        | 8          |                 |                       | 6    | 8                     |           | 12                            |       |      |               | 7         |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 70 | VB |
| 6      | 15                       |       |      |                                    | 5    | 12                     |            |                 |                       | 6    | 8                     |           | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 82 | VM |
| 7      | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 |                       | 6    | 8                     |           | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 87 | VM |
| 8      |                          | 10    |      |                                    | 5    |                        | 8          |                 |                       | 6    | 8                     |           | 12                            |       |      |               | 4         |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 67 | VB |
| 9      |                          | 10    |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 |                       | 6    | 8                     |           |                               | 7     |      |               | 7         |                | 5                              |         |                       |       | 4    |                              | 3     |          | 72 | VB |
| 10     | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 |                       | 6    |                       | 4         |                               | 5     | 10   |               |           | 5              |                                |         |                       |       | 4    |                              |       | 2        | 73 | VB |
| 11     | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 | 10                    |      |                       | 4         | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         | 8                     |       |      | 5                            |       |          | 91 | VA |
| 12     | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 | 10                    |      |                       | 4         | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    |                              |       | 2        | 84 | VM |
| 13     | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 |                       | 6    |                       | 4         | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    |                              |       | 2        | 80 | VM |
| 14     | 15                       |       |      | 10                                 |      |                        | 8          |                 |                       | 6    |                       | 4         |                               | 7     |      |               | 7         |                | 5                              |         |                       |       | 4    |                              |       | 2        | 68 | VB |
| 15     |                          | 10    |      |                                    | 5    | 12                     |            |                 | 10                    |      |                       | 4         |                               | 7     |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    |                              |       | 2        | 69 | VB |
| 16     | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 | 10                    |      | 8                     |           | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 91 | VA |
| 17     | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 | 10                    |      |                       | 4         | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 87 | VM |
| 18     | 15                       |       |      | 10                                 |      | 12                     |            |                 | 10                    |      | 8                     |           | 12                            |       |      | 10            |           |                | 5                              |         |                       |       | 4    | 5                            |       |          | 91 | VA |

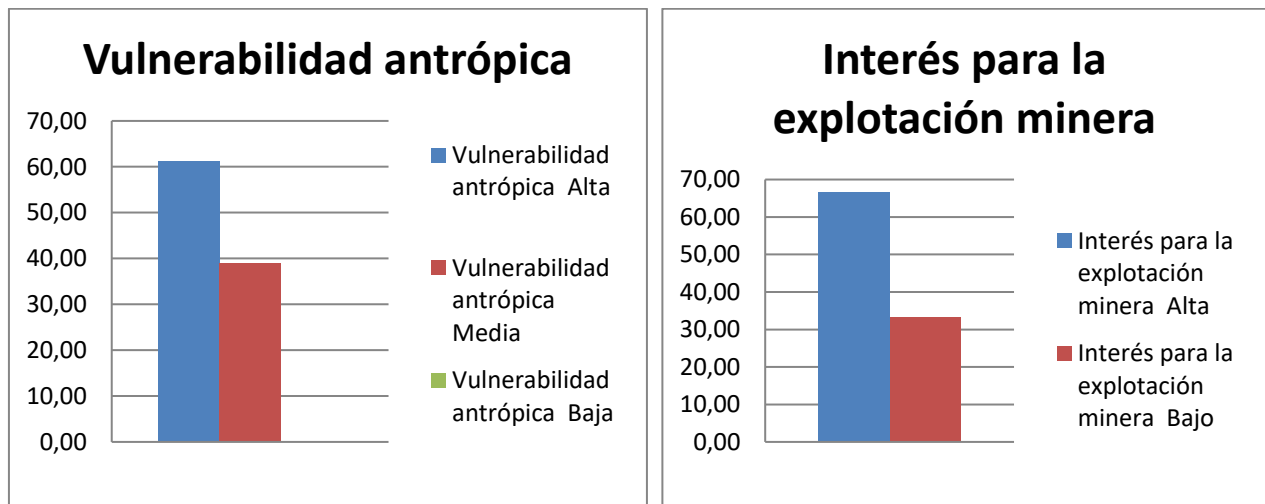
1) Gabros bandeados (Cayo Guam-Camarioca), 2 Arcillas Caolínicas de Cayo Guam, 3 Cascada Cayo Guam, 4 Monolito Cayo Guam. 5 cascada Vista Hermosa, Cayo Guam. 6 Poza del Che. 7 socavón Mina Cromita Cayo Guam. 8 cascada de cromita, Cayo Guam. 9 mirador Buenavista. 10 yacimiento Mercedita (antigua mina). 11 cueva de farallones. 12 ópalos de río Cabaña. 13 diques de gabro-rodingitas, Yaguaneque. 14 vetas de magnesita en roca ultrabásicas. 15 loma la vigía. 16 corte laterítico sobre rocas ultrabásicas. 17 Tibaracón río Jiguaní. 18 Playa Cayo Moa.



## Análisis de variables.

### Vulnerabilidad antrópica.

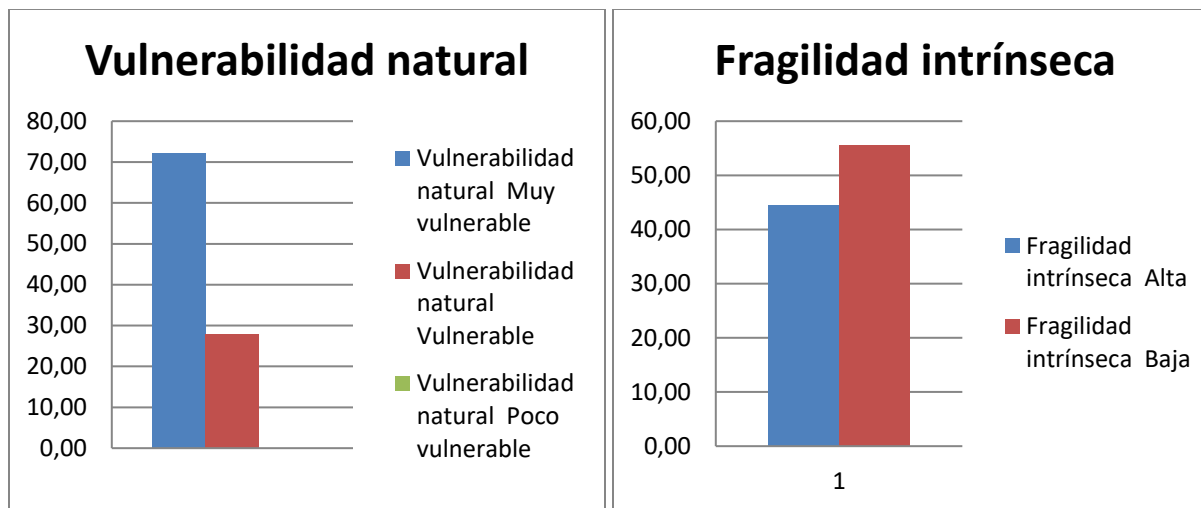
El gráfico revela que el 61,11 % de los geositos evaluados muestra una alta vulnerabilidad debido a la acción antrópica del hombre, como es el caso de Cortes laterítico sobre rocas ultrabásicas y la Cueva de farallones, mientras que el 38,89 % presenta una vulnerabilidad media como es el caso de Mirador Buenavista. Estos resultados señalan una preocupante proporción de geositos expuestos a riesgos significativos. Las posibles causas incluyen la falta de estrategias de conservación, la gestión ineficiente, actividades humanas inadecuadas y alteraciones ambientales relacionadas con el cambio climático. Para abordar esta situación, se proponen medidas como establecer estrategias detalladas de conservación, implementar políticas claras, fomentar la participación comunitaria, llevar a cabo campañas de sensibilización y establecer programas de monitoreo regular. La ejecución de estas medidas contribuirá a reducir la vulnerabilidad de los geositos, asegurando su preservación a largo plazo y protegiendo su valor científico, cultural y natural para las generaciones actuales y futuras.



### Interés explotación minera.

Es importante destacar que la decisión de explotar un geosito debe tomar en consideración varios factores, como la viabilidad económica, el impacto ambiental, los derechos de las comunidades locales y el potencial de agotamiento de los recursos. La explotación minera de los geositos debe realizarse de manera sostenible, implementar además prácticas responsables que minimicen los impactos negativos y promuevan la conservación adecuada de estos valiosos recursos naturales.

Los resultados indican que el 72,22% de los geositorios evaluados presentan una alta **vulnerabilidad natural**, asociada a riesgos geológicos como movimientos de masas y erosión, tales como Gabros bandeados (Cayo Guam-Camarioca) y Playas cayo Moa, mientras que el 27,78% muestra una vulnerabilidad media. Estos resultados pueden estar justificados por varios elementos:



Características geológicas: Muchos geositorios pueden estar ubicados en áreas donde existen condiciones geológicas propensas a movimientos de masas, como deslizamientos de tierra o desprendimientos de rocas. Estas condiciones pueden ser causadas por la composición geológica del terreno, la topografía, la presencia de fallas geológicas, la erosión o eventos naturales como terremotos o fuertes lluvias.

**Fragilidad intrínseca** muestra que el 44% de los geositorios evaluados presentan alta fragilidad, como es el caso de Ópalos del río Cabaña y Loma la Vigía, mientras que el 56% tiene una fragilidad baja como es el caso de Cascada de Cayo Guam y Manolito Cayo Guam. Dado los elementos mencionados anteriormente, estos resultados pueden justificarse por varias razones:

1. La alta vulnerabilidad natural de los geositorios, asociada a riesgos geológicos y movimientos de masas, puede contribuir significativamente a su fragilidad intrínseca. Los procesos de erosión y los riesgos geológicos pueden debilitar la estabilidad de los geositorios y, en consecuencia, aumentar su fragilidad.
2. La influencia humana en los geositorios, como la explotación minera no sostenible, la deforestación, la urbanización descontrolada o la contaminación, puede incrementar la fragilidad intrínseca de estos lugares. Estas actividades pueden alterar los equilibrios

naturales, degradar los suelos y afectar los ecosistemas, lo que debilita la resistencia y la capacidad de recuperación de los geositorios.

3. Los efectos del cambio climático, como el aumento de las temperaturas, las sequías y los eventos climáticos extremos, pueden acentuar la fragilidad intrínseca de los geositorios. Estos cambios ambientales pueden provocar desequilibrios en los ecosistemas, aumentar los riesgos geológicos y acelerar la degradación de los recursos naturales presentes en los geositorios.

Al considerar estos elementos, es crucial tomar medidas de conservación y manejo adecuadas para proteger los geositorios y reducir su fragilidad intrínseca. Esto implica implementar planes de gestión sostenible, promover prácticas de uso del territorio que minimicen los impactos negativos, realizar monitoreo regular y fomentar la participación de las comunidades locales en la protección y conservación de los geositorios. Además, el fortalecimiento de la conciencia y la educación ambiental puede contribuir a la valoración y preservación efectiva de estos lugares únicos.

De acuerdo con los datos proporcionados, se observa que el 56% de los geositorios analizados no se encuentra protegido en cuanto a su **régimen de protección**, tales como Cascada Vista Hermosa Cayo Guam y la Poza del Che, mientras que el 44% se encuentra protegido. Estos resultados resaltan la importancia de implementar medidas sólidas de protección para la mayoría de los geositorios evaluados.

Uno de los elementos clave de protección que se puede considerar es la designación legal y reglamentaria de los geositorios como áreas protegidas o patrimonio cultural o natural. Estas designaciones brindan una base legal para la salvaguardia de estos sitios y establecen reglamentos y mecanismos de gestión adecuados.

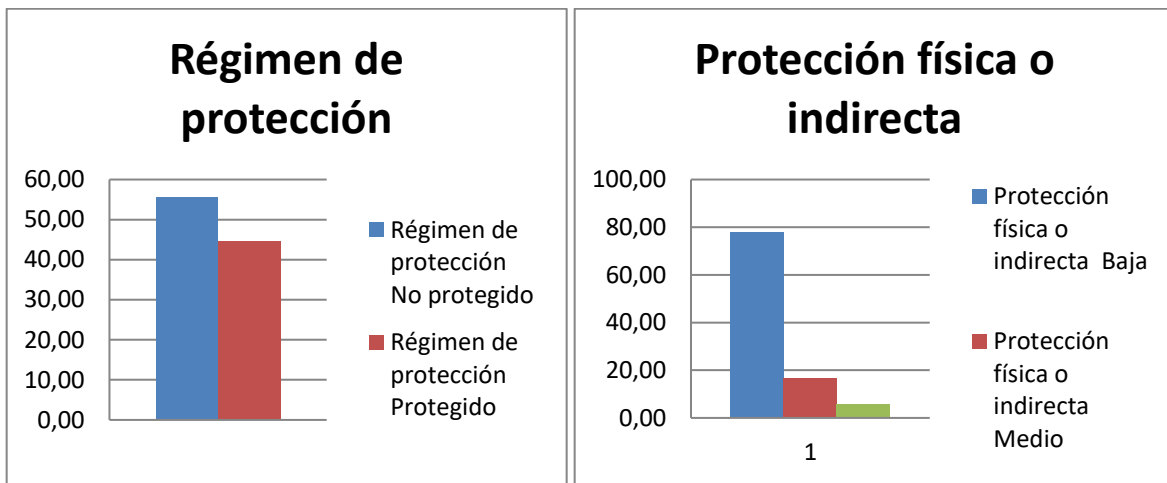
Las causas de la alta necesidad de protección podrían ser diversas. Algunos factores que influyen en esto incluyen la presencia de amenazas naturales o antrópicas, como el cambio climático, la urbanización no controlada, la extracción de recursos naturales o el turismo desordenado, que podrían poner en peligro la integridad de los geositorios.

Además, se pueden identificar otras posibles causas como la falta de conciencia sobre el valor y la importancia de los geositorios, la falta de recursos para llevar a cabo iniciativas de protección, la falta de cooperación entre diversas partes interesadas o la falta de capacidad de gestión eficaz.



Para abordar estas causas y mejorar la protección de los geositos, es necesario implementar una serie de acciones. Algunas medidas que se pueden considerar incluyen:

1. Fortalecer la legislación y los reglamentos existentes para garantizar una protección efectiva de los geositos.
2. Realizar campañas de educación y concienciación para informar tanto a la población local como a los visitantes sobre el valor y la fragilidad de los geositos.
3. Establecer alianzas y colaboraciones entre diferentes partes interesadas, incluyendo gobiernos, comunidades locales y organizaciones no gubernamentales, para trabajar juntos en la protección de los geositos.
4. Asignar recursos financieros adecuados para la implementación de programas de gestión y conservación.
5. Fomentar la investigación y el monitoreo continuo para comprender los factores de riesgo y gestionar de manera efectiva las amenazas.



Según los datos proporcionados, se observa que el 77,78 % de los geositos presentan una protección física baja, mientras que 16,67 % es media, con tan solo un 5,56 % de protección física o directa alta, lo cual representa tan solo un punto de 18 estudiados Yacimiento Mercedita (antigua mina). Estos resultados revelan que existe una necesidad de mejorar la protección física de la mayoría de los geositos evaluados.

La protección física juega un papel crucial en la preservación de los geositios, ya que ayuda a prevenir daños causados por factores como el vandalismo, la erosión, la contaminación y otras formas de intervención humana no deseada.

Las posibles causas de una protección física baja podrían incluir la falta de recursos y financiamiento para implementar medidas de conservación adecuadas, la falta de conciencia sobre la importancia de la protección física o la falta de coordinación entre diferentes entidades encargadas de la protección de los geositios.

Para abordar esta situación y mejorar la protección física de los geositios, se pueden considerar varias medidas. Algunas posibles soluciones podrían incluir:

1. Establecer y fortalecer regulaciones y leyes de protección de los geositios, para garantizar que se implementen y se cumplan de manera efectiva.
2. Asignar recursos financieros adecuados para la implementación de medidas de protección física, como la construcción de cercas, la instalación de paneles informativos y la vigilancia de los geositios.
3. Fomentar la cooperación y coordinación entre diferentes entidades y actores relevantes, como instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y comunidades locales, para trabajar juntos en la protección de los geositios.
4. Educación y sensibilización pública sobre la importancia de la protección física de los geositios, para destacar los beneficios ambientales, culturales y sociales que aportan.

Mejorar la protección física de los geositios es esencial para garantizar su preservación a largo plazo y permitir que las generaciones futuras disfruten de su riqueza natural y cultural. La implementación de medidas adecuadas contribuirá a mantener la integridad de los geositios y promover un desarrollo sostenible en armonía con nuestro entorno.

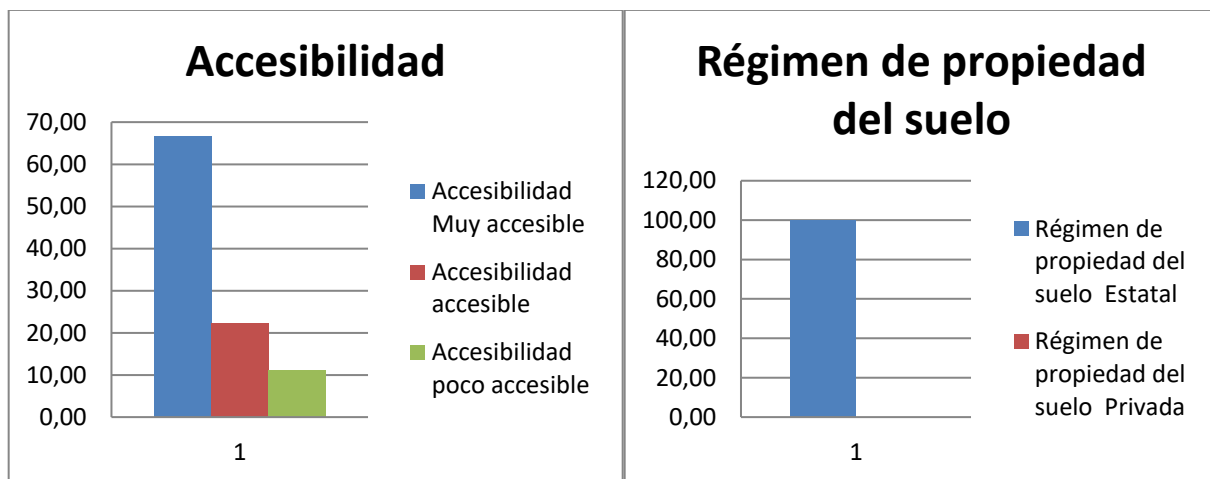
Según los datos proporcionados, se destaca que el 11,11% de los geositios son considerados poco accesibles, como es el caso de Manolito Cayo Guam y Cascada de cromita Cayo Guam, mientras que el 22,22% presenta una accesibilidad media como Mirador de Buena Vista y Vetas de magnesita en roca ultrabásicas, el 66,67% se califica como muy accesible. Estos resultados sugieren que la mayoría de los geositios evaluados son fácilmente accesibles para los visitantes y están ubicados en áreas donde se facilita su llegada y exploración.

Existen varios aspectos que pueden influir en la variable de accesibilidad de los geositios. Algunas posibles causas podrían incluir la disponibilidad de rutas de acceso bien desarrolladas,

infraestructura adecuada como carreteras y senderos, señalización clara y suficiente información para los visitantes. Además, la planificación cuidadosa de los espacios y la consideración de las necesidades de personas con movilidad reducida también contribuyen a una mayor accesibilidad.

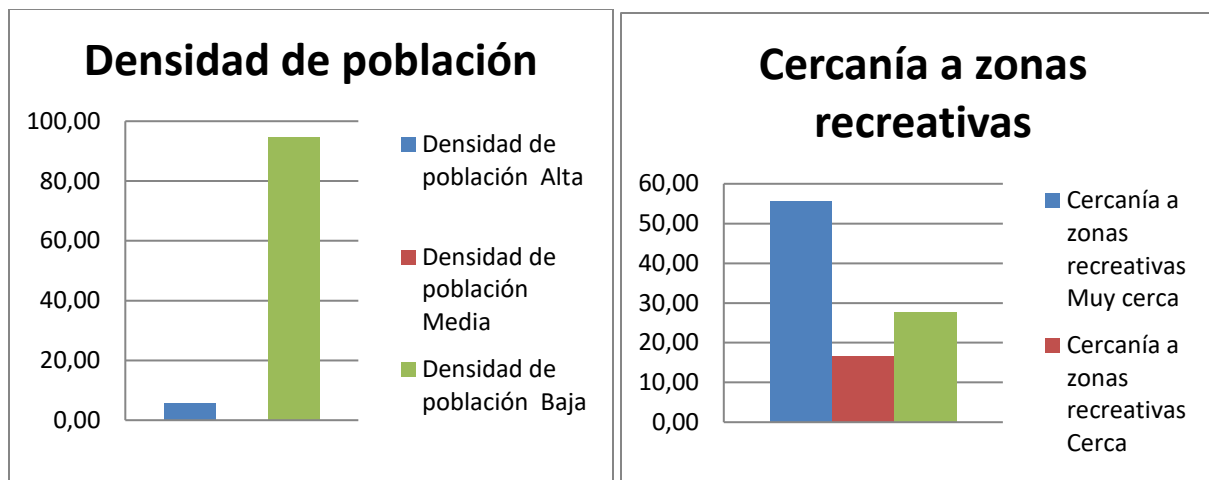
Para mejorar la accesibilidad en los geositorios que presentan una calificación media o baja, se pueden considerar diversas soluciones. Algunas medidas podrían incluir la mejora de las vías de acceso y la infraestructura existente, la implementación de mejoras en la señalización y la difusión de información clara y precisa sobre cómo llegar y qué esperar en cada geositorio. Además, la implementación de servicios de transporte público o privado hasta los sitios de interés puede facilitar la accesibilidad para aquellos que no tienen vehículos propios.

Es fundamental garantizar que los geositorios estén fácilmente accesibles para el público en general, para fomentar así una mayor apreciación y disfrute de estos lugares. La mejora de la accesibilidad contribuye a promover la conservación y protección de los geositorios al permitir que un mayor número de personas acceda a ellos y se conecte con la naturaleza y la cultura que ofrecen.



Del **Régimen de propiedad del suelo**, según los datos proporcionados del estudio realizado, los geositorios estudiados presentan un 100 %, todos son propiedad estatal

La **Densidad de población** según el estudio, la gran mayoría de los sitios de interés geológicos estudiados presentan una baja población, representando un 94,44 % y dejando solo a la Cueva de Farallones el 5,56 % con una alta densidad poblacional.



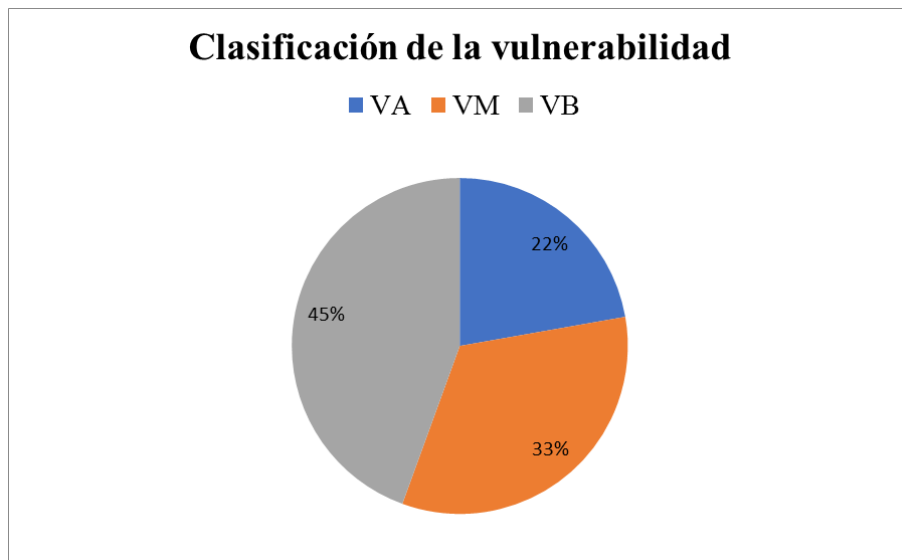
Según los resultados obtenidos, es interesante observar que el 55% de los geositios tienen una alta cercanía a zonas recreativas, como es el caso de la Cueva de farallones, mientras que solo el 17% se encuentra en una cercanía media, y el 28% restante se asocia con una baja cercanía a las áreas como Yacimiento Mercedita (antigua mina).

### Análisis de los resultados

La clasificación general de los puntos de interés revela que el 22 % de los sitios exhiben una alta vulnerabilidad, como es el caso de los geositios de Gabros bandeados en Cayo Guam-Camarioca, que presentan una intensa actividad erosiva y movimientos de masas. De manera similar, la Cueva de Farallones podría enfrentar riesgos considerables debido a posibles colapsos o cambios en su estructura subterránea. Además, el Corte laterítico sobre rocas ultrabásicas y la Playa Cayo Moa también caen en la categoría de alta vulnerabilidad, con posibles riesgos vinculados a eventos meteorológicos extremos, cambios en la línea costera o actividad sísmica.

En cuanto a la vulnerabilidad media el 33 % de sitios como las Arcillas Caolínicas de Cayo Guam, la Poza del Che, el Socavón Mina Cromita Cayo Guam 2, los Ópalos de Río Cabaña, los Diques de Gabro-Rodingitas en Yaguaneque y el Tibaracón Río Jiguaní se clasifican en esta categoría. Estos lugares podrían presentar riesgos moderados relacionados con la geomorfología, cambios en la dinámica fluvial o antiguas actividades mineras, lo que requiere evaluaciones detalladas, especialmente dada la actividad minera en la región.

Por otro lado, las formaciones con baja vulnerabilidad que representa 45 %, como la Cascada Cayo Guam, el Monolito Cayo Guam, la Cascada Vista Hermosa en Cayo Guam, el Salto Fino en Cayo Guam, el Mirador Buenavista, el Yacimiento Mercedita (antigua mina), las Vetas de Magnesita en Roca Ultrabásicas y la Loma La Vigía, se consideran relativamente estables y seguras. En estos sitios, los riesgos son limitados y están asociados principalmente a fenómenos geodinámicos o cambios en la geomorfología.



### 3.3. Acciones de preservación de los geosítios.

1. Establecer reservas naturales o parques geológicos que abarquen los geosítios, para brindar protección legal y regulaciones específicas para su conservación. Estas áreas pueden limitar el acceso y regular las actividades humanas que puedan dañar los geosítios.
2. Establecer sistemas de monitoreo regular para evaluar el estado y el impacto de los geosítios a lo largo del tiempo. Esto puede incluir mediciones de erosión, cambios en la calidad del agua, la vegetación y la vida silvestre, entre otros indicadores relevantes.
3. Desarrollar programas de educación para informar y concienciar a la población local, visitantes y turistas sobre la importancia de los geosítios y las acciones necesarias para su preservación. Esto incluye promover la responsabilidad ambiental y el turismo sostenible.
4. Establecer regulaciones y restricciones específicas para limitar actividades perjudiciales en los geosítios, como la explotación de minerales, la construcción descontrolada o la

recolección de especímenes. Esto implica la implementación de permisos y licencias para garantizar un uso responsable de los recursos naturales.

5. Fomentar la investigación científica sobre los geositos para mejorar la comprensión de su geología, biodiversidad, historia y valor cultural. Esto incluye incentivar la colaboración entre científicos, universidades y otras instituciones para generar nuevo conocimiento y promover la conservación.
6. Establecer alianzas y colaboraciones entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y actores del sector turístico para fortalecer la gestión y protección de los geositos.
7. Fomentar un turismo responsable que respete los geositos y su entorno natural. Esto implica la planificación adecuada de infraestructuras turísticas, rutas de acceso controladas, guías especializados y la promoción de prácticas sostenibles, en función de minimizar el impacto negativo del turismo en la integridad de los geositos.

## CONCLUSIONES

1. La detallada caracterización de 20 sitios de interés geológico nos proporciona una comprensión profunda de su composición, formación y características distintivas.
2. Al analizar la vulnerabilidad de los geositos, se revela que el 22 % de ellos enfrenta riesgos considerables, el 33 % presenta un nivel medio de vulnerabilidad, y el 45 % tiene una vulnerabilidad baja ante amenazas como la erosión, deslizamientos de tierra o actividad humana.
3. La propuesta de siete medidas efectivas destinadas a preservar la integridad de los geositos se erige como un pilar fundamental para garantizar su conservación a largo plazo. Estas medidas podrían abarcar la creación de áreas protegidas, la ejecución de programas de educación y concientización ambiental.
4. La preservación de los geositos no solo reviste importancia desde una perspectiva científica, sino que también desempeña un papel crucial en la educación, el turismo y la salvaguarda del patrimonio cultural y natural de una región.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios geológicos más detallados y exhaustivos para comprender mejor la geología y la formación de los geositorios. Esto puede incluir análisis geofísicos, muestreo geológico y datación radiométrica para obtener una imagen más completa de su historia geológica.
  2. Investigar los efectos del cambio climático y otros factores de riesgo a largo plazo en la integridad de los geositorios.
  3. Realizar análisis de costos y beneficios de la conservación de los geositorios, para considera tanto los aspectos económicos como los sociales.
  4. Explorar y evaluar diferentes enfoques y tecnologías para preservar la integridad de los geositorios. Esto puede incluir técnicas de restauración del paisaje, métodos de conservación in situ y nuevas estrategias de gestión que minimicen los impactos humanos y maximicen la conservación.
- 
1. Colaborar con investigadores, instituciones y expertos internacionales para aprender de las mejores prácticas en la conservación de geositorios y compartir conocimientos. Esto puede incluir la participación en redes internacionales de geoparques y la colaboración en proyectos de conservación a nivel global.
  2. Realizar un seguimiento y evaluación periódica de las medidas de preservación implementadas para determinar su efectividad y hacer ajustes, si es necesario. Esto permitirá mejorar la gestión de los geositorios y garantizar su conservación a largo plazo.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abreu Fernández, L. (2019). *Evaluación de geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba*. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Alberto, J., Rodríguez, B., & Infante, A. R. (2000). *Particularidades geológicas del complejo ofiolítico de Moa a partir de los datos*. XVII(1), 17–25.
- Álvarez, E. M. (n.d.). Modelos de revalorización industrial y patrimonial de la explotación salinera. El caso de las salinas de interior de Andalucía/La Revalorización del Patrimonio Salinero. *Paisajes de La Sal En Iberoamérica*, 111.
- Betancourt, G. R. G., & Elías, D. N. (2019). *Evaluación de geositos para la protección y conservación del patrimonio geológico en la ruta el Uvero-La Plata, municipio Guamá, provincia Santiago de Cuba*. [Universidad de Moa]. [www.ismm.edu.cu](http://www.ismm.edu.cu)
- Borges Terrero, Y., Almaguer Carmenates, Y., García Cruz, S., & de Oca Risco, A. (2019). *Análisis geoambiental del área de pastoreo de la Unidad Básica de producción cooperativa Antonio Maceo, Moa, Cuba*.
- Bravo, R. E. P. (2018). *Evaluación de los sitios de interés geológicos en el sector Ramón de las Yaguas, Santiago de Cuba*. Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Brocx, M., & Semeniuk, V. (2007). Geoheritage and geoconservation-history, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90(2), 53–87.
- Burton, I., Kates, R. W., & White, G. F. (1978). *The Environment as Hazard*. (Oxford University Press: New York.).
- Calunga La, O. (2023). *Evaluación de la vulnerabilidad de geositos en Santiago de Cuba frente a riesgos geológicos y antropogénicos*. Departamento de Geología.
- Campos-Dueñas, M. (1983). Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de las provincias de Holguín y Guantánamo. *Minería y Geología*, 1(2), 51–75.
- Cañadas, E. S., & Flaño, P. R. (2007). Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 45.
- Cantillo Frómata, Y. (2022). *Evaluación de las buenas prácticas implementadas en la presa de colas de la Empresa Moa Nickel, sa* [Universidad de Moa]. [nive.ismm.edu.cu](http://nive.ismm.edu.cu)
- Carmenaty, J. J. G. (2020). *Caracterización de sitios de interés geológico en el municipio de El Salvador, Guantánamo*. [Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez].

<http://ninive.ismm.edu.cu/>

- Casal Barallobre, Y. (2022). *Aproximación a la Gestión del Conocimiento sobre riesgo tecnológico en la Universidad de Moa*. Departamento de Ciencias de la Información.
- Cáseres Cimet, N., Valdés Mariño, Y., Espinosa Borges, A. E., Velázquez Rodríguez, C., & Milá Doma, Y. de la C. (2022). *Evaluación diagnóstica del valor patrimonial de geositios en el municipio guantanamero de Maisí*.
- Castellanos, D. W. (2016). *Evaluación de los sitios de interés geológicos más importantes de los municipios Sagua de Tánamo*. Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Castelló Bruzón, E. J. (2022). *Propuestas de Senderos Geoturísticos en el sector Santa María-Nibujón, Baracoa*. Departamento de Geología.
- Cendrero, A. (1996). El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. *El Patrimonio Geológico*, 17–28.
- Cervantes Guerra, Y. M., Almaguer Carmenate, Y., Pierra Conde, A., Orozco Melgar, G., & Gursky, H.-J. (2009). Variación de la dinámica erosiva y acumulativa en Cayo Moa Grande, Bahía de Moa, Cuba. Período 1972-2007. *Min. Geol*, 25(4), 1–16.
- Chacón Moreira, M. (2015). *Evaluación de mezclas de materiales arcillosos de la zona de Cayo Guam y arena sílice residual para su utilización en la industria cerámica*. Departamento de Geología.
- Colegial, J. D., Piscioti, G., & Uribe, E. (2002). Metodología para la definición, evaluación y valoración del patrimonio geológico y su aplicación en la geomorfología glaciar de Santander (municipio de Vetas). *Boletín de Geología*, 24(39), 121–134.
- Columbié, T. H., & Lacaba, R. G. (2023). *Evaluación de la vulnerabilidad global en presas de colas. Moa, Cuba Global vulnerability assessment of tailings dams. Moa, Cuba*.
- Cordoví, Y. C. S., & Deulofeu, E. Á. (2021). Limitaciones de los estudios de vulnerabilidad sísmica a edificaciones de hormigón en Santiago de Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 15(3), 1–12.
- Corpas, C. R. M. (2017). *Evaluación y diagnóstico de geositios en municipios de la zona oeste de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico*. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa 'Dr Antonio Nuñez Jiménez'.
- Coutin Lambert, R. (2020). *Farallones de Moa : un Caso de Estudio del Karst de Montaña en el Extremo Oriental de Cuba*. November 2017, 14.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31900.51845>

- Crespo Lambert, M. (2018). *Evaluación de la calidad de las aguas de abastecimiento del poblado Yamanigüey*. Departamento de Geología.
- Cruz Ramírez, Y. (2019). *Evaluación de las arcillas caoliniticas del depósito Cayo Guam para la producción de cemento de bajo carbono*. Departamento de Geología.
- del Toro, R. (2022). *El carso para el desarrollo del geoturismo en el municipio Baracoa*. Departamento de Geología.
- Délcio, L. E. M. (2020). *Caracterización de los sitios de interés geológicos de la provincia de Guantánamo*.
- Domech-Gutiérrez, R. (2007). Propuesta de metodología a emplear para las acciones de protección del patrimonio geológico. *Memorias II Convención Ciencias de La Tierra*.
- Domech, G. (2007). Propuesta de metodología a emplear para las acciones de protección del patrimonio geológico. *Memorias II Convención Ciencias de La Tierra*.
- Domínguez-González, L. (2005). *Potencial geológico-Geomorfológico de la region de Moa propuesta de un modelos de gestión de los sitios de interés patrimonial*.
- Domínguez, S. Y. R., Álvarez, R. O., & Sánchez, D. C. (2019). Análisis de estabilidad de un talud ubicado en la costa este de la bahía de Santiago de Cuba, Cuba. *Mapping, 195*, 10–16.
- Dunán-Ávila, P. L., Riverón-Zaldívar, A. B., Fernández-Rodríguez, M., Fuentes-Londres, Y., & Marrero-Doimeadios, L. (2020). Evaluación de los procesos erosivos, la materia sedimentable y el caudal en la cuenca del río Yamanigüey. *Ciencia & Futuro, 10(2)*, 19–37.
- Durán, J. J. (1998). Patrimonio geológico de la Comunidad Autónoma de Madrid. *Sociedad Geológica de España y Asamblea de Madrid, Madrid, 290*.
- Ecured. (2019). *Yamanigüey - EcuRed*.
- Fernández, P., & Madian, L. (2019). *Regularidades de los suelos con evidencias de licuefacción. Casos de estudio: Río Cauto, San Cristóbal y Santiago de Cuba*. Departamento de Geología.
- Ferreira-Gamboa, A. I. J. . (2017). *Caracterización de geositos para la protección y conservación del patrimonio geológico del municipio Baracoa*. Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Francisco, T. D. (2018). *Caracterización de geositos para la protección y preservación del patrimonio geológico en la ruta Baracoa-Puriales de Caujerí*. Universidad de Moa Dr.

Antonio Núñez Jiménez.

- Gaceta Oficial de la República de Cuba. (2020). Decreto 11/2020 Del Patrimonio Geológico de Cuba. In *DOC-2020-632-O69* (Issue ISSN 1682-7511.).
- Galbán-Rodríguez, L., Guardado-Lacaba, R. M., & Chuy-Rodríguez, T. J. (2021). Principales procesos y fenómenos geológicos conducentes a riesgos en la provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 49, 13–23.
- Garavito Higuera, S. A. (2006). *Potencial de la geodiversidad y del patrimonio minero con miras al geoturismo y mineroturismo, en la zona de influencia del programa de reconversión minera "RECMINERA" del Suroeste Cercano Antioqueño*. Universidad Nacional de Colombia.
- González Villavicencio, L. (2022). *Caracterización de puntos de interés geológicos para la definición de senderos geoturísticos en el sector Yamanigüey-Mina Potosí-Santa María*. Departamento de Geología.
- Guardado-Lacaba, R., & Almaguer-Carmenate, Y. (2001). Evaluación de riesgo por deslizamiento en el yacimiento Punta Gorda, Moa, Holguín. *Minería y Geología*, 18(1), 12.
- Guerra-santisteban, D., Valdés-mariño, Y., & Gutiérrez-domech, R. (2018). *Evaluación de los Sitios de Interés Geológico en el Municipio de Baracoa , Guantánamo Evaluation of Geological Interest Places in Baracoa Community , Guantánamo*. 3, 180–189.
- Gyarmati, P., & Leyé, O. (n.d.). 'Conor, J. 1990. Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1: 50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. *Oficina Nacional de Recursos Minerales*.
- Gyarmati, P., & O'Conor, J. L. (1990). Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1: 50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. *ONRM, Cuba*.
- Henao, Á., & Osorio, J. (2012). Propuesta metodológica para la identificación y clasificación del patrimonio geológico como herramienta de conservación y valoración ambiental-Caso específico para Colombia. *Presentado En Congreso Latinoamericano de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Santiago de Chile*, 7.
- Hernández-Fernández, C. M., Sánchez-Olivero, E., & Palacios-Castillo, G. R. (2019). Plan de acciones para el manejo y la conservación de la diversidad biológica en la región minera de Moa. *Ciencia & Futuro*, 9(4), 86–93.

- Hernández Columbié, T., & Guardado Lacaba, R. (2023). Evaluación de la vulnerabilidad global en presas de colas. Moa, Cuba. *Revista Científica de FAREM-Esteli.*, 45, 267–290.
- Hidalgo Griff, D. (2021). *Evaluación de sitios de interés geológicos de la provincia La Habana*. Departamento de Geología.
- Igarza Sánchez, A. (2019). *Determinación de peligro por inundaciones en el municipio Moa: subcuenca del río Cabaña*. Departamento de Geología.
- Inga, A. C. V. (2018). *Valoración del Patrimonio Geológico en la Ruta de las Cascadas de la parroquia Rumipamba-Cantón Rumiñahui*.
- INRH. (2018). *Pluviómetro Cañete*.
- Kozary, M. T. (1968). Ultramafic rocks in thrust zones of northwestern Oriente Province, Cuba. *AAPG Bulletin*, 52(12), 2298–2317.
- Lobaina, A. N., Frómeta, O. C., Rivero, L. de la C. C., & Hernández, L. R. G. (2023). Educación ambiental desde la Educación Física. Experiencias en la práctica laboral investigativa. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 8(3), 145–152.
- López-Martínez, J., Valsero, J. J. D., & Urquí, L. C. (2005). Patrimonio geológico: una panorámica de los últimos 30 años en España. *Boletín de La Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, 100(1), 277–287.
- Lorenzo Comesaña, R. (2023). *Caracterización de sitios de interés geológico para el desarrollo geoturístico en los cayos del norte de Ciego de Ávila*. Departamento de Geología.
- Maclaren Leyet, Y. (2018). *Diagnóstico de la vulnerabilidad global ante la erosión fluvial e inundaciones de los Consejos Populares Moa Centro y Los Mangos-Joselillo del municipio Moa*. Departamento de Geología.
- Martínez, O. R. (2008). Patrimonio geológico. Identificación, valoración, Y gestión de sitios de interés geológico. *Geograficando*.
- Mayet Núñez, O. (2022). *Fenómenos geológicos que afectan los viales del Consejo Popular Miraflores-Viviendas Checas*. Departamento de Geología.
- Morejón-Blanco, G., Leyva-Chang, K. M., & Candebat-Sánchez, D. (2021). Atlas de tipologías representativas en la ciudad Santiago de Cuba con fines de gestión de riesgo sísmico. *Ciencia En Su PC*, 1(1), 25–45.
- Moura, P., Garcia, M. D. G. M., Brilha, J. B., & Amaral, W. S. (2017). Conservation of geosites as a tool to protect geoheritage: the inventory of Ceará Central Domain, Borborema

- Province-NE/Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 89(4), 2625–2645.
- Mulet-Hing, M., los Santos, M., Giralt-Sánchez, A., & Ramírez-Sola, R. (2023). Propuesta sistema de automatización para el circuito de aprovechamiento de rechazo en la planta de Cienos Carbonatados. *Tecnología Química*, 43(3), 533–552.
- Padilla, N. A. (2023). Geoturismo: una nueva forma de realizar turismo en clave de sustentabilidad. La experiencia del Parque Geológico Pun Antü, Balcarce. *Observatorio Político Ciudadano y Electora*.
- Palacio-Prieto, J. L., Rosado-González, E., Ramírez-Miguel, X., Oropeza-Orozco, O., Cram-Heydrich, S., Ortiz-Pérez, M. A., Figueroa-Mah-Eng, J. M., & de Castro-Martínez, G. F. (2016). Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México. *Geoheritage*, 8(4), 359–369.
- Pedro António, T. F. (2020). Caracterización de geositorios para la protección y preservación del patrimonio geológico en el municipio San Antonio del Sur, Guantánamo. In *Journal of psychiatric research*. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Penagos, W. M. M. (2009). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible ante la crisis planetaria: demandas a los procesos formativos del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 26.
- Pérez, C., Núñez, K., Arango, E. D., Rueda, J., Zapata, J. A., Vega, N., Núñez, A., Ríos, Y., Millán, G., & Padilla, I. (2008). Proyecto “Valoración de la amenaza sísmica en la región minera del noreste de Holguín.” *Informe Final. Fondos Del CENAIIS e Instituto de Geología y Paleontología. Cuba*.
- Piacente, S., & Giusti, C. (2000). Geotopos, una oportunidad para la difusión y valoración de la cultura geológica regional. *Documentos*, 134–137.
- Poch, J. (2019). *Revisión y propuesta de mejora del modelo de gestión de la geodiversidad de los Geoparques Mundiales de la UNESCO*.
- Polanco Almaguer, P. L. (2012). *Influencia de los procesos geológicos en la morfología costera del municipio Moa*. Departamento de Geología.
- Puig, R. (2007). Evaluación de riesgos múltiples por desarrollo de fenómenos naturales en el municipio Moa. *Trabajo de Diploma, Departamento de Geología, ISMM*, 75.
- Pulido Fernández, J. I., Pulido Fernández, M. C., & others. (2015). ¿ Sigue vigente el paradigma del turismo sostenible? *Reflexiones a la luz de la literatura reciente*.

- Quintas-Caballero, F. (1988). Formación Micara en Yumurí Arriba, Baracoa. Clave para la interpretación de la geología histórica prepaleocencia de Cuba Oriental. Segunda Parte. *Minería y Geología*, 6(1), 3–16.
- Quintas-Caballero, F. (1989). Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. In *ISMMM*. Universidad de Moa.
- Ramos, J. A. S. (2018). *Evaluación y diagnóstico de nuevos geositos en los municipios Sagua de Tánamo y Frank País, de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico*. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Reyes, O. J., & Del Risco, E. (1993). Algunas características de la flora fanerógama endémica de los pinares del noreste de Cuba Oriental. Primer taller internacional de protección del medio ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales. *Moa. Cuba. Libro Resumen*, 3.
- Rodríguez-Infante, A. (1998). Estilo tectónico y geodinámica de la región de Moa. *Minería y Geología*, 15(2), 37–41.
- Rodríguez Infante, A. (2007). Morfoalineamientos en la zona costera entre el poblado de Yamanigüey y la ciudad de Baracoa. *Minería y Geología*, v.23 n.3(1993 8012), 17.
- Rojas Sánchez, J. A., Guilarte Gainza, A., & Reynaldo Argüelles, C. L. (2022). *Valoración ambiental y gestión de los residuales de la base terminal de combustibles de Moa*.
- Romero, C. L. P. (2017). *Evaluación y diagnóstico de geositos en los municipios del Este de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico*. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Rosabal-Domínguez, S., Rivera-Álvarez, Z., & Villalón-Semanat, M. (2022). Efecto de sitio en las estaciones acelerográficas de la ciudad Santiago de Cuba, utilizando movimientos fuertes. *Minería y Geología*, 38(3), 210–222.
- Rosabal-Domínguez, S., Palau-Clares, R., Cutié-Musteliet, M., Oliva-Álvarez, R., Rivera-Álvarez, Z., & Villalón-Semanat, M. (2021). Aceleraciones del terremoto del 27 de febrero de 2018 obtenidas por la red acelerográfica de la ciudad de Santiago de Cuba. *Minería y Geología*, 37(3), 274–286.
- SCG. (2019). *MEMORIAS DE GEOCIENCIAS TRABAJOS Y RESUMENES, XIII CONGRESO DE GEOLOGIA*.

- Serrano, E., Ruiz-Flaño, P., & Arroyo, P. (2009). Geodiversity assessment in a rural landscape: Tiermes-Caracena area (Soria, Spain). *Memorie Descrittive Della Carta Geologica d'Italia*, 87, 173–180.
- Sharples, C. (2002). Concepts and principles of geoconservation. *Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart*.
- Texidor Verdecia, J. (2023). *Senderos geoturísticos para el desarrollo del Geoparque Gran Piedra, Sector Ramón de las Yaguas*. Departamento de Geología.
- Torres, M. V., Iglesia, A. R., Guanche, C. D., Carrillo, M. A. S., Serrano, Y. M., & Martínez, O. I. (2020). Valor del patrimonio geológico, proyecto Geoparque Viñales. Metodología para la selección de los geositos. *Revista ECOVIDA*, 9(2), 266–284.
- Urquí, L. C. (2014). Guía práctica para entender el patrimonio geológico. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 22(1), 5.
- Valderrama, G. J., Garrido, M. L., & Castellano, T. A. (2013). Guía para el uso sostenible del patrimonio geológico de Andalucía. *Junta De Andalucía*.
- Valdés-Mariño, Y., Muñoz-Gómez, J. N., Orozco-Melgar, G., Blanco-Quintero, I., Menguel, K., & Urra-Abraira, J. (2019). Rocas vulcanógenas ultramáficas metamorizadas asociadas al complejo ofiolítico Moa-Baracoa en el sector Camarioca Sur. *Minería y Geología*, 35(3), 252–269.
- Valdes Toledo, L. D. (2022). *Caracterización hidrogeológica de la zona baja del arroyo Los Lirios*. Departamento de Geología.
- Viltres Milán, Y. (2010). *Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del Municipio Moa*. Departamento de Geología.
- Wimbledon, W. A., Benton, M. J., Bevins, R. E., Black, G. P., Bridgland, D. R., Cleal, C. J., Cooper, R. G., & May, V. J. (1995). The development of a methodology for the selection of British geological sites for conservation: Part 1. *Modern Geology*, 20(2), 159.
- Wimbledon, W. A. P., Ishchenko, A. A., Gerasimenko, N. P., Karis, L. O., Suominen, V., Johansson, C. E., & Freden, C. (2000). PROYECTO GEOSITES, UNA INICIATIVA DE LA UNIÓN INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS (IUGS). LA CIENCIA RESPALDADA POR LA CON-SERVACIÓN. *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*, 73.
- Wright Castellanos, D. (2016). *Evaluación de los sitios de interés geológicos más importantes de*



*los municipios Sagua de Tánamo y Moa, Holguín.* Departamento de Geología.

Zouros, N., & Mc Keever, P. (2004). The European geoparks network. *Episodes*, 27(3), 165–171.

Zuñiga-Fuentes, Y., & Fernández-Diéguez, L. (2020). Respuesta local del suelo ante la ocurrencia de sismos en el reparto Miraflores del municipio de Moa. *Ciencia & Futuro*, 10(2), 1–18.