

República de Cuba  
Ministerio de Educación Superior  
Universidad de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
Facultad de Geología-Minas  
Departamento de Geología

**Título: Evaluación de geositios del Arco Volcánico del  
Paleógeno, Santiago de Cuba.**

**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Geólogo.**

**Autora: Liane Abreu Fernández.**

**Tutor: MrC. Yurisley Valdés Mariño.**

**Ing. Marianela Crespo Lambert.**

**Agradecimientos**

*Agradezco a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.*

*A mis padres, en especial a mi mamá, por ser la principal promotora de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas,*

*A mis hermanos(as) por estar siempre presentes.*

*A mi abuela Reina por su apoyo incondicional.*

*A toda mi familia por creer siempre en mí, incluyendo a aquellas personas que hoy ya no están presentes.*

*Agradezco a todos los docentes de la carrera por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación en la profesión, de manera especial, al Mc. Furisley Valdés Mariño y a la Ing. Marianela Fresno Lambert, tutores de este trabajo quienes me han guiado con su paciencia y su rectitud como docente.*

*A todos mis compañeros de aula por estar siempre presente y apoyarme en los momentos más difíciles, especialmente a mis amigas Anita, Rosy, Xaty, Milena y Funelvis.*

*Finalmente, agradezco a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

**Dedicatoria**

*Dedico este trabajo a las personas que más me han apoyado en los últimos 5 años, a mi madre y a mi abuela, por guiarme a lo largo de toda esta experiencia y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad*

**Pensamiento**

*"Son los bellos paisajes, ornato de la Tierra, lo que se trata de proteger, como asilos de tranquilidad y de paz en este turbulento y angustioso vivir de los tiempos modernos; pero no como lugares reservados a uno solo, a unos privilegiados, sino como lugares abiertos a todos los ciudadanos. Por esto debe ser el Estado el que cuide de ellos y el que los proteja y el que los tenga a disposición de todos".*

*Eduardo Hernández Pacheco.*



**Resumen**

Las características geológicas y geomorfológicas de Cuba han sido ampliamente estudiadas por diferentes investigadores, aunque existe un insuficiente conocimiento del estado actual de los distintos estratotipos descritos en el léxico estratigráfico cubano. La identificación y puesta en marcha de medidas para la conservación de áreas con valor geológico patrimonial en el mundo ha estado a la vanguardia en los últimos años. La presente investigación estuvo encaminada a determinar el estado de conservación actual de los geositos pertenecientes al Arco Volcánico del Paleógeno en la provincia Santiago de Cuba con el objetivo de promover y contribuir a preservar los sitios de interés geológico o geositos, ubicados en la zona de estudio, como parte de la protección de la geodiversidad y del patrimonio geológico de esta provincia y proponer medidas de conservación. Durante el trabajo de cartografía geológica se describieron 14 puntos, estos fueron cuidadosamente geo-referenciados en el campo para su correcta ubicación y agrupados en itinerarios para facilitar el acceso a ellos. De los 14 sitios de interés geológico, 2 fueron propuestos de importancia nacional debido a sus potencialidades paisajísticas y 12 de significación regional y/o local. Se propusieron medidas de conservación.

**Abstract**

The geological and geomorphological characteristics of Cuba have been widely studied by different researchers although there is insufficient knowledge of the current state of the different stratotypes described in the Cuban stratigraphic lexicon. The identification and implementation of measures for the conservation of areas with heritage geological value in the world has been at the forefront in recent years. The present investigation was aimed at determining the current state of conservation of the geosites belonging to the Paleogene Volcanic Arc in the province of Santiago de Cuba with the aim of promoting and contributing to the preservation of sites of geological interest or geosites, located in the study area, as part of the protection of the geodiversity and the geological heritage of this province and propose conservation measures. During the work of geological mapping 14 points were described, these were carefully georeferenced in the field for their correct location and grouped into itineraries to facilitate access to them. Of the 14 sites of geological interest, 2 were proposed of national importance due to their landscape potentialities and 12 of regional and / or local significance. Conservation measures were proposed.

**Índice**

Resumen.....	IV
Introducción .....	1
Marco Teórico Conceptual.....	6
<b>CAPÍTULO I. LOCALIZACIÓN, RASGOS FÍSICO-GEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.....</b>	<b>13</b>
1.1. Introducción .....	13
1.2. Características físico-geográficas del área de estudio.....	13
1.3. Clima de la Región .....	14
1.4. Relieve.....	14
1.5. Orografía.....	15
1.6. Red Hidrográfica .....	16
1.7. Geología del área de estudio.....	16
<b>CAPITULO II. METODOLOGIA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.....</b>	<b>21</b>
2.1. Introducción .....	21
2.2. Etapa de búsqueda bibliográfica.....	22
2.3. Etapa de campo.....	26
2.4. Etapa de gabinete.....	32
<b>CAPITULO III: INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>33</b>
3.1. Introducción .....	33
3.2. Geositios del Arco Volcánico del Paleógeno (AVP), Santiago de Cuba.....	33
Punto 1. Cantera Guaos.....	33
Punto 2. Calizas Tobáceas del Caney.....	34
Punto 3. Tobas calcáreas del poblado El Sapo.....	35
Punto 4. Margas de la Fm. San Luis.....	36
Punto 5. Calizas del poblado Olimpo.....	37
Punto 6. Dacitas De Chivirico.....	38
Punto 7. Tobas calcáreas en las afueras de Chivirico.....	38
Punto 8. Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago.....	39
Punto 9. Arenisca de Playa Blanca.....	40
Punto 10. Calizas de Alto del Mosquito.....	41
Punto 11. Dacitas de Guamá.....	42

---

Punto 12. Dacitas de Guamá. ....	42
Punto 13. Arenisca de Guamá. ....	43
Punto 14. Calizas de la carretera rumbo a Santiago. ....	44
3.3. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos. ....	45
3.4. Propuestas de medidas de conservación. ....	52
Conclusiones. ....	53
Recomendaciones. ....	54
Bibliografía. ....	55
Anexos Gráficos ....	58
Anexos Textuales ....	59

**Introducción**

El estudio de la geodiversidad y del patrimonio geológico figura entre las áreas de investigación más recientemente incorporadas al ámbito de la Geología, busca poner en valor las características geológicas de una región determinada y con ello establecer la gestión adecuada de clasificación y conservación, de forma tal que se logre un equilibrio didáctico entre el medio ambiente y el actor social. Por ende, la evaluación, clasificación y diagnóstico del patrimonio geológico se posiciona como una alternativa diferente de gestión ambiental y social en los diferentes países, al plantearse gestiones del mismo en base a los principios de desarrollo sostenible y productividad más limpias que se acogen bajo las normas ambientales. El patrimonio geológico es un bien común, es parte de la riqueza natural de nuestro planeta. En los geositos se hallarán las claves para descifrar la historia geológica de una región y también para hacer pronósticos acerca de su evolución. Por tales motivos, constituyen un verdadero patrimonio para la comunidad, el que puede ser aprovechado para la formación de sus integrantes adultos y escolares, así como también para compartir este conocimiento con turistas o visitantes eventuales que aprecien el valor de comprender la historia del paisaje. En los últimos años debido al aumento de la conciencia por la conservación del medio ambiente, por un lado y al avance de la globalización del conocimiento, ha sido posible conocer el tratamiento que se concede a los lugares más importantes de la herencia geológica del planeta, denominados: geositos, así como proponer y obtener de los organismos nacionales y las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, distintas categorías y denominaciones de dichos geositos y ayuda para su preservación.

En 1996, en el marco del 30 Congreso Geológico Internacional realizado en Beijing, surgió la inquietud de encontrar una manera de proteger el patrimonio geológico. De esta inquietud surgió una propuesta de protección y promoción del patrimonio geológico, y del desarrollo económico sustentable de esos lugares, a través de la creación de geoparques (Zouros, 2004).

El patrimonio geológico está formado por elementos geológicos que presentan singularidad debido a su interés científico y didáctico. Surge como resultado de una nueva manera de entender el papel de la humanidad en su relación con la

Tierra. Con el paso del tiempo, la sociedad ha cambiado su percepción del entorno y ahora considera un derecho, una necesidad y un deber proteger el medio ambiente y promover un desarrollo sostenible (Fernández, 2007) . Los elementos geológicos de singular interés no son una excepción, son una parte importante del patrimonio natural y poseen valor por sí. Es la razón por la que en muchos países se lleven a cabo proyectos de inventarios, diagnóstico, promoción y gestión de estos recursos (Martínez Ruiz & Ávila Reyes, 2010).

Actualmente, los términos geodiversidad, patrimonio geológico, georecurso o geoconservación, están restringidos a un escaso grupo de geocientíficos que periódicamente alertan sobre la poca importancia que se brinda al patrimonio geológico en las políticas de conservación. A nivel mundial, se pone de manifiesto que el escaso patrimonio geológico legalmente protegido la definición de patrimonio geológico es quizás la más precisa y aceptada: conjunto de elementos geológicos, cuyo valor geológico les hace destacar del entorno circundante por su interés científico, cultural y/o educativo, tales como formaciones y estructuras geológicas, paisajes geomorfológicos, yacimientos paleontológicos y mineralógicos, suelos, y otras manifestaciones geológicas de significativo valor. En el desarrollo de las tareas de proyectos homólogos acometidos anteriormente, para el diagnóstico de los sitios de interés geológicos (geositios) más importantes de las provincias Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque, La Habana, Matanzas, Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey y el municipio especial Isla de la Juventud se evidenció que las localidades y estratotipos sobre las cuales se ha basado el Léxico Estratigráfico y los yacimientos fosilíferos que muestran o aportaron las más importantes colecciones de animales y plantas fósiles que caracterizan el pasado geológico de Cuba, no se encuentran siempre en las condiciones en que fueron estudiadas y descritas. De mayor gravedad resulta el hecho de que algunas, han desaparecido, como es el caso de los holoestratotipos de las formaciones Río Rancho, Majagua (en la provincia de Pinar del Río) y los dos Hipoestratotipo de la formación Güines (en la provincia de Mayabeque). La mayoría de los miembros de la Formación Vía Blanca (actual provincia La Habana), también han desaparecido. Por la acción irresponsable o desconocedora de individuos y centros laborales; que las transforman en

basureros, vertederos, canteras ilegales, o les asignan otros usos; están en proceso de ser destruidos algunos geositos como: la localidad histórica de la Formación San Cayetano (actual provincia de Pinar del Río), los holoestratotipos de las formaciones Capdevila (La Habana), Jabaco, Martín Mesa (ambos en Artemisa), Consuelo (La Habana), Agua Santa (Isla de la Juventud) y otros que privan a la nación de un patrimonio irrecuperable y ponen en peligro la preservación de la herencia geológica de la misma.

Actualmente en la provincia de Santiago de Cuba se han llevado pocas investigaciones referentes al patrimonio geológico, por esta razón surge la necesidad de evaluar geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, a partir de parámetros predefinidos que permita la elaboración de estrategias para su conservación.

**Problema**

Necesidad de evaluar geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba.

**Objeto**

Geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba.

**Campo de acción**

Estado físico de los geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba.

**Objetivo general**

Evaluar la situación y estado físico de los geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba, para conocer sus condiciones actuales, y así definir las medidas para su conservación.

**Hipótesis**

Si se logra realizar una correcta evaluación de los geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba, se conocerán las peculiaridades de su estado actual, así como de las posibles medidas para su conservación.

**Objetivos Específicos**

1. Evaluar geositios dentro del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba.
2. Clasificar los geositios según el artículo 3, del Decreto Ley 201/99.
3. Proponer medidas de conservación para los geositios de mayor vulnerabilidad.

**IMPACTOS ESPERADOS****Impacto económico**

Promover y contribuir a preservar la geodiversidad y el patrimonio geológico del territorio de la provincia de Santiago de Cuba, que pueda ser empleado con fines geo turísticos o de turismo de naturaleza para el desarrollo local en los diferentes municipios y contribuir a la sostenibilidad de la población.

**Impacto social**

Promover el conocimiento de los estudiantes de primaria y secundaria básica, la población en general, de los sitios de importancia geológica que existen cerca de sus comunidades para mejorar su cultura y sus posibilidades de contribuir a la protección del medio ambiente. Esto eleva el nivel cultural y contribuye directamente al bienestar de los asentamientos poblacionales y de los campesinos.

**Impacto científico:**

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.

**Marco Teórico Conceptual**

La conservación del patrimonio geológico requiere una clasificación correcta, una valoración adecuada y una gestión eficiente de los elementos geológicos en consideración. En este epígrafe desarrollamos algunas ideas fundamentales sobre el valor del patrimonio geológico, en el que se sistematizan los conceptos, de forma que, comprendiendo su significado, sea más fácil y directa su aplicación.

Desde el pasado siglo se ha comenzado a trabajar en función de la protección del patrimonio geológico, el Continente Europeo es el que lleva la avanzada, aunque en la zona occidental también se ha comenzado a notar el esfuerzo por lograr preservar el amplio y muy variado patrimonio geológico con que cuenta el Continente Americano, son muchas las iniciativas que se aprecian hoy. Cada país se traza planes que contribuyen al cuidado y conservación de los sitios de interés geológico que pertenecen a su territorio, aunque también se aprecian muestras de ayuda entre los estudiosos del tema de distintos países. Muestra de esto es que se ha tomado como acuerdo a nivel internacional que se consideren como Patrimonio Geológico los casos siguientes:

- Localidades tipo y estratotipos de unidades litoestratigráficas y bioestratigráficas.
- Holotipos y paratipos de especies de animales y plantas fósiles.
- Yacimientos fosilíferos donde se han recuperado holotipos y paratipos.
- Minas reconocidas y minas representativas de una explotación importante.
- Testigos de perforación y muestras superficiales de sitios importantes.
- Estructuras geológicas de interés.
- Informes originales de personalidades del trabajo científico en el campo geológico, o concernientes al hallazgo de minas, yacimientos de petróleo, fósiles importantes; manantiales de aguas minero medicinales, etc.

Otros bienes creados por esfuerzo propio en función del trabajo geológico.

**Conceptos generales**

El patrimonio geológico es un bien común, es parte de la riqueza natural de nuestro planeta. La destrucción de los lugares de interés geológico es casi siempre irreversible, por lo que la prevención y la planificación son fundamentales. La conservación del patrimonio geológico es también una responsabilidad: su destrucción deja a las generaciones futuras sin la posibilidad de su conocimiento y disfrute. Por ello, no debemos considerarnos propietarios, sino depositarios de este patrimonio que hemos heredado y que debemos conservar para las generaciones futuras. Así que la gestión del patrimonio geológico como parte importante del patrimonio natural y cultural es reflejo de una sociedad avanzada, responsable y respetuosa con su entorno.

**Geodiversidad**

El término geodiversidad es una abreviación de diversidad geológica, y se refiere a la diversidad de elementos que son el resultado de los procesos y acontecimientos geológicos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra. Así, la Geodiversidad es la variedad de elementos geológicos (incluidos rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones y unidades geológicas y paisajes) presentes en un territorio y que son el producto y registro de la evolución de la Tierra (Carcavilla, Cortés, Martínez, & Otero, 2014).

La geodiversidad se entiende como la diversidad de rasgos y procesos geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (paisajes, formas del terreno y procesos físicos), edáficos e hidrológicos, incluyendo sus relaciones, propiedades y sistema de un determinado territorio (Valderrama, Garrido, & Torrejón, 2013).

**Patrimonio geológico**

El patrimonio geológico define el conjunto de elementos tales como formaciones y estructuras geológicas, paisajes geomorfológicos, yacimientos paleontológicos y otras manifestaciones geológicas, de significativo valor para el reconocimiento e interpretación de la historia de un determinado ámbito, región o territorio, de los procesos que la han modelado, de sus climas pasados

y presentes y de las relaciones y cambios en sus ecosistemas (Valderrama et al., 2013).

El patrimonio geológico está formado por elementos geológicos que presentan una especial singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico y/o didáctico. El patrimonio geológico forma parte del patrimonio natural e incluye formas, elementos y/o estructuras originadas por cualquier proceso geológico. Está formado por todos aquellos enclaves relevantes para cualquier disciplina de la Geología, como la geomorfología, estratigrafía, tectónica, petrología, mineralogía, paleontología, hidrogeología, geología ambiental, etc. Por ello, es frecuente que se realicen estudios temáticos, utilizándose términos como patrimonio mineralógico, geomorfológico, paleontológico, etc. Cada uno tiene sus peculiaridades, pero todos ellos forman parte indisoluble del patrimonio geológico en su sentido más amplio. El objetivo final del estudio del patrimonio geológico es identificar los elementos con mayor valor para promover su conservación y facilitar su utilización y disfrute sostenibles (Carcavilla et al., 2014).

### **Geoconservación**

La geoconservación es la conservación del patrimonio geológico. Existen numerosas maneras de afrontar la preservación del patrimonio geológico, por lo que se suele hablar de geoconservación para referirse al conjunto de técnicas y medidas (estrategias, programas y acciones) encaminadas a asegurar la conservación del patrimonio geológico. Se basa en el conocimiento del valor de los lugares a conservar, sus características intrínsecas, su fragilidad, los procesos genéticos que intervinieron en su formación, así como evaluar las amenazas presentes o potenciales de degradación y su posible evolución en el futuro. La geoconservación no sólo busca evitar la destrucción de elementos geológicos singulares, sino también prevenir, corregir o minimizar las afecciones que puedan sufrir (Carcavilla et al., 2014).

La geoconservación tiene dos acepciones que varían en función de su enfoque básico: por un lado se refiere de un modo genérico a la puesta en práctica de políticas activas de conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad y por otro hace mención al conjunto de técnicas y medidas concretas encaminadas a asegurar su conservación, basadas en el análisis de

sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y su riesgo de degradación (Valderrama et al., 2013).

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

En la Tierra existen sitios geológicos excepcionales, desde el punto de vista científica, didáctica, cultural, turística, etc. Estos lugares se denominan geositios. Más formalmente, un geositio corresponde a un sitio donde se puede presentar uno o más elementos de geodiversidad, geográficamente bien delimitado y que presenta un valor singular desde un punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico u otro (Brilha, 2005).

### **Geotopos**

Son considerados todos aquellos geositios aprovechables.

### **Geoturismo**

Según (Dowling & Newsome, 2006) el geoturismo se puede conceptualizar en tres puntos centrales que son las formas, los procesos y el turismo. Entre las formas se incluyen los paisajes existentes con sus características y componentes (geoformas, formaciones geológicas, fósiles, rocas, minerales, etc.). En cuanto al término turismo del concepto, este incluye la dimensión humana y se refleja en la actividad turística. El geoturismo es la apreciación de la geología y la geomorfología de los paisajes y la idea es que su interpretación, de fuerte base científica, se traduzca a términos más sencillos para el disfrute de todo tipo de turista, para motivar la educación geocientífica. La definición aceptada por UNESCO es bastante cercana a la dada por estos autores y nos dice que este término implica el recorrer un territorio en donde el turista entiende explícitamente que el paisaje que recorre y observa contiene formas singulares y que éste fue modelado por procesos dinámicos que han dejado huellas visibles. El geoturismo no puede ser reducido a un turismo geológico, sino que se trata de un concepto más amplio, un turismo especializado en donde el foco de atención es el geositio y los fenómenos geológicos, orientado en un marketing y uso turístico del potencial paisajístico y de las peculiaridades regionales relacionadas con la historia de la Tierra, en donde también encontramos a comunidades humanas vivas o extintas que han dejado un legado cultural. Por otro lado, y de acuerdo con la National

Geographic Society (**NGS**) (Brilha, 2005) el Geoturismo procura minimizar el impacto cultural y ambiental sobre las comunidades que reciben flujos turísticos importantes, inserto en un concepto mayor de turismo sustentable.

### **Geoparque**

Un geoparque es un territorio que posee un rico patrimonio geológico que es utilizado como motor para el desarrollo local y que cuenta con el reconocimiento oficial por la Red Europea y global de Geoparques. En estos territorios se desarrolla un programa a corto, medio y largo plazo de gestión para la geoconservación y el desarrollo socioeconómico local. Los geoparques se rigen por tres principios: 1) la existencia de patrimonio geológico singular, 2) la puesta en marcha de iniciativas de geoconservación y divulgación y 3) favorecer el desarrollo socioeconómico a escala local en la que se utiliza el patrimonio geológico como eje conductor. La figura de geoparque es un marco de gestión para la geoconservación ligado al desarrollo sostenible local y para ello deben tener unos límites claramente definidos y una extensión adecuada para asegurar el desarrollo económico de la zona, pudiendo incluir áreas terrestres, marítimas o subterráneas. Se caracteriza porque conserva un patrimonio geológico de valor reconocido, que es utilizado como punto fundamental para aplicar una estrategia de conservación, de educación y de desarrollo sostenible (Carcavilla et al., 2014).

### **Estratotipo**

Es el tipo original o designado posteriormente de una unidad estratigráfica o de un límite estratigráfico, identificado como un intervalo específico o un punto específico en una secuencia específica de estratos de roca y que constituye el patrón para la definición y reconocimiento de la unidad o límite estratigráfico (Villafranca, 1978).

### **Holoestratotipo**

El Estratotipo originalmente designado por el autor en el momento de establecer a una unidad o límite estratigráfico (Villafranca, 1978).

### **Paraestratotipo**

Un Estratotipo suplementario, usado en la definición original por el autor original (sic) para ayudar en la elucidación del holoestratotipo. En consecuencia, éstos dos son tipos primarios originalmente designados (Villafranca, 1978).

**Lectoestratotipo**

Un Estratotipo seleccionado posteriormente en ausencia de un estratotipo original adecuadamente designado (Villafranca, 1978).

**Neoestratotipo**

Un nuevo estratotipo que ha sido seleccionado para reemplazar a uno antiguo que ha sido destruido o nulificado (Villafranca, 1978).

**Hipoestratotipo**

Un estratotipo designado para extender el conocimiento de la unidad o límite estratigráfico de un estratotipo a otras áreas geográficas o a otras facies. Siempre está subordinado el holoestratotipo. Tanto éste como el Neoestratotipo pueden ubicarse fuera del área tipo, no así en los tres primeros (Villafranca, 1978).

**Georecurso**

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 (Valderrama et al., 2013).

Territorio que presenta un elevado valor en relación con alguna de las disciplinas de la geología y que ha sido elegido siguiendo la metodología propia del estudio del patrimonio geológico (Carcavilla et al., 2014).

**CAPÍTULO I. LOCALIZACIÓN, RASGOS FÍSICO-GEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.****1.1 Introducción**

En el presente capítulo se describen los principales rasgos geomorfológicos, climáticos, hidrogeológicos y geológicos del sector analizado, así como también características de la vegetación lo cual permitirá tener una panorámica general acerca del marco teórico de la investigación y del área de estudio para así facilitar la evaluación de los geositos seleccionados.

**1.2 Características físico-geográficas del área de estudio.**

La provincia Santiago de Cuba se encuentra ubicada en la parte sur central de la región más oriental de nuestro país, limita al norte con la provincia de Holguín, al sur con el mar Caribe, al este con la provincia de Guantánamo y al oeste con la provincia de Granma. La provincia está dividida en 9 municipios: Santiago de Cuba, Palma Soriano, San Luis, Contramaestre, II Frente, Songo la Maya, Mella, III Frente y Guamá. La Sierra Maestra ocupa la mayor parte de la región de estudio la cual constituye un complejo de rocas volcánicas de un arco de islas de edad Paleógeno. Ocupa totalmente la Sierra de igual nombre, sus estribaciones y en el subsuelo por debajo de las potentes secuencias de sedimentos Neógeno Cuaternario de la Cuenca del Cauto y al sur en la Cuenca Guantánamo y sus depósitos piroclásticos, se extiende hasta el norte de la región oriental y aún más lejos hacia Cuba central.

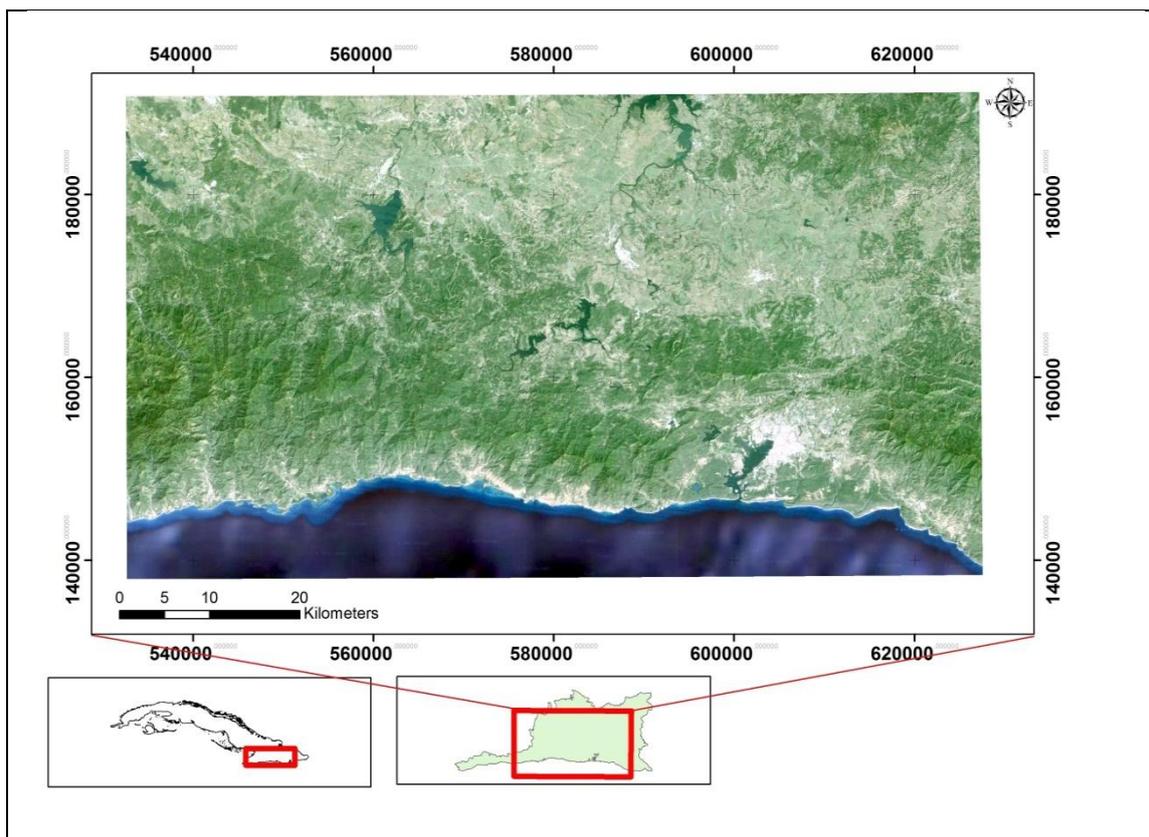


Figura 1. Mapa de Ubicación geográfica del área de estudio.

### 1.3 Clima de la Región

El clima es cálido, tropical, relativamente seco, con dos estaciones claramente definidas, el período seco es del mes de noviembre a abril, y el período lluvioso, el verano de mayo a octubre. Las temperaturas son relativamente altas debido a la ubicación subtropical de la ciudad, su localización cercana al trópico de cáncer y el único canal de ventilación que tiene la bahía, más el régimen solar, son las causas que influyen significativamente en las variables climáticas específicas que existen en el territorio en el cual reinan las fuertes temperaturas durante todo el año.

### 1.4 Relieve

En la provincia de Santiago de Cuba el relieve es accidentado y variado siendo hacia el norte semimontañoso, constituido por elevaciones jóvenes y alargadas, las cuales forman un arco que bordea la cuenca de pendientes medianamente abruptas y cimas en forma de crestas separadas por pequeños valles. Este sistema montañoso forma parte de la Sierra Maestra, aunque con menores alturas (la Sierra del Cobre, la Sierra de Boniato y la Sierra de la Gran Piedra),

con pendientes que en varios casos sobrepasan el 45%, un factor favorable para la ocurrencia de deslizamientos.

Al sur el relieve es llano a ondulado constituido por escasas elevaciones de pendientes suave, predominan las costeras en forma de mesetas alargadas que forman hacia la cercanía de las costas varias terrazas escalonadas. En la bahía la costa es escarpada y se desarrollan elevaciones de aspecto terraciforme.

La cuenca de Santiago de Cuba se enmarca como principal accidente hacia el centro oeste de la provincia de Santiago de Cuba, donde se encuentran varios niveles de terrazas y mesetas escalonadas que parten de la bahía de Santiago de Cuba (largo: 8.5 km; ancho: 2.4 km; profundidad: entre 8.8 y 13.7 m) alrededor de la que se desarrolla la ciudad del mismo nombre, se observa en su parte superior varias llanuras aluviales (García et al, 2002) tomado de (Colmenero Rielo, 2015).

Este relieve se caracteriza por estar subordinado en gran medida a varios factores, tales como la litología presente en el área, los procesos erosivos que tienen lugar (fluvial y marino), la tectónica que la caracteriza y la meteorización.

### **1.5 Orografía.**

Geográficamente este territorio forma parte de la denominada región del Este en la cual se localizan 3 subregiones:

1. La Sierra Maestra.
2. El valle Central.
3. La llanura Cauto-Guacanayabo.

La provincia de Santiago de Cuba es la más montañosa de las provincias cubanas, el territorio se caracteriza por tener una topografía accidentada, destacándose la principal cordillera, la Sierra Maestra situada en el extremo Sureste de la isla, es la mayor y más alta cordillera montañosa de Cuba, forma un bastión a lo largo y paralelamente a la costa Sur desde Cabo Cruz hasta la punta de Maisí con una longitud de 260km y entre 15 y 60km de anchura. La conforman la Sierra Maestra propiamente, la Sierra del Cristal en las inmediaciones de la punta de Maisí y la Sierra del Nipe en su porción Noreste.

La altitud media en esta región fluctúa entre los 300 y 200 metros alcanzándose las máximas elevaciones del país: el pico turquino (1974m) y el Pico Cuba (1872m). En esta región son frecuentes los valles que forman los ríos, entre estos valles tenemos el valle de Sevilla, Macío y Guama que es de relieve abrupto, de exuberante vegetación donde son frecuentes las crestas y picos agudos. Al norte de la Sierra Maestra, una alineación casi litoral, se abre el valle central, principal zona llana y de ocupación humana de la provincia. El valle central constituye una larga depresión algo elevada. Ocupa la parte central de provincia, su relieve es ondulado y sus suelos son fértiles. En este valle nacen ríos importantes como el Baconao, Guaninicunm y los indios. La llanura Cauto Guacanayabo, es la más extensa del país. Abarca el sistema fluvial del Cauto.

### **1.6 Red Hidrográfica**

En la provincia Santiago de Cuba la red hidrográfica se encuentra poco desarrollada, tiene un papel importante el régimen de las lluvias dentro de los factores climáticos, observándose escasas corrientes fluviales con carácter intermitente que atraviesan el municipio y que desaparecen en períodos secos. Los ríos por lo general corren con dirección norte – sur, entre los más importantes del municipio se encuentran: el Cobre (que alimenta la Presa Paradas), San Juan, Juraguá, Daiquirí y Baconao; además existen otros con menor desarrollo en sus cuencas: Sardinero, Los Guaos, Yarayó, que corren al oeste y vierten sus aguas en la bahía de Santiago de Cuba.

### **1.7 Geología del área de estudio**

La Sierra Maestra ocupa la mayor parte de la región de estudio donde predominan las rocas vulcanógenas y vulcanógenas sedimentarias.

La columna estratigráfica paleogénica yace sobre un basamento Cretácico de composición vulcanógeno-sedimentario, que aflora en pequeñas áreas en las regiones de El Uvero, La Plata, la región de la Gran Piedra, etc.

El corte está formado principalmente por piroclastitas y lavas originadas por la actividad volcánica, con intercalaciones de sedimentos terrígenos y carbonatados de edad Paleoceno-Eoceno Medio. Este conjunto rocoso cuyo espesor es de miles de metros, está compuesto por El Grupo El Cobre con sus

formaciones El Caney y Pílon y un gran volumen indiferenciado. Las vulcanitas son de composición basáltica a riolítica, predominan las variedades medias. Este paquete es cortado por gran cantidad de diques y cuerpos subvolcánicos de diferente composición.

**Grupo El Cobre** (Eoceno Medio). Este grupo se ha subdividido en tres secuencias: inferior, media y superior.

*La secuencia inferior ( $P_1$ )* con un espesor variable entre 250 y 800 metros, se extiende hacia el Sur del bloque "El Cobre" y la pendiente meridional del bloque "Gran Piedra". Está constituida por diferentes tipos de rocas vulcanógenas y vulcanógeno-sedimentarias en distintas correlaciones y combinaciones alternantes, muy variables, tanto en sentido vertical como lateral. Las transiciones entre ellas a veces son bruscas y otras graduales y en muchos casos es prácticamente imposible establecer delimitaciones entre ellas.

Las rocas más abundantes son: tobas, tobas aglomeráticas, lavas y lavas aglomeráticas de composición andesítica, andesidacítica y dacítica, raramente riolítica, riodacítica y basáltica. Con estas rocas se intercalan tufitas y calizas, además, se asocian a este complejo vulcanógeno-sedimentario cuerpos hipabisales y diques de diversa composición. En su composición también participan tobas cineríticas, tufitas, tobas calcáreas, calizas tobáceas, areniscas polimícticas y vulcanomícticas y grauvacas.

El vulcanismo, de composición fundamentalmente andesito-basáltico y carácter tholeítico, fue intenso y explosivo en condiciones submarinas.

*La secuencia media ( $P_2^1$ )*: tiene un espesor de 3500-4400 metros y está compuesta predominantemente por tobas pefito-aglomeráticas y aglomeráticas de composición andesítica con intercalaciones de tobas finas, así como por clasto-lavas y aglomerados, rocas sedimentarias y efusivas, desde basaltos hasta riodacitas. Se debe destacar que, aunque proporcionalmente, los efusivos están subordinados y representan un volumen mucho mayor que el de las secuencias inferior y superior.

*La secuencia superior ( $P_2^1 - P_2^2$ )*: tiene un espesor máximo de 3150 metros y está compuesta por tobas de andesitas y andesito - basaltos,

lavas y rocas sedimentarias subordinadas. En la parte superior ocurren localmente tobas ácidas. En la región de "El Cobre" y "La Gran Piedra", la composición general de las rocas es más ácida que en el resto de la Sierra Maestra culmina el corte vulcanógeno y vulcanógeno - sedimentario, en esta área se desarrolla la Fm. Caney (Eoceno Medio) una secuencia Flyshoide compuesta por conglomerados, areniscas tobáceas, gravelitas, tobas, tufitas y calizas con escasos mantos de lava andesito-basáltica. Las tobas varían su composición desde media hasta ácida. La edad de esta formación es ( $P_2^2$ ) y su espesor es de unos 1000 metros.

La **Fm. Pilón** ocupa prácticamente todo el intervalo estratigráfico abarcado por el Grupo en su totalidad y se cartografió sólo para la parte occidental de la Sierra Maestra, en ella se incluyen las siguientes litologías, tufitas, areniscas vulcanomícticas y polimícticas; grauvacas, limolitas, calizas fragmentarias y tobas. Su límite inferior se desconoce, aunque se supone sea con la Fm. Manacal con la cual tiene contacto tectónico y está cubierta discordantemente por la Fm. Farallón Grande y concordantemente por la Fm. El Caney. El espesor puede llegar hasta 2000 m.

Sobreyaciendo a las secuencias del grupo El Cobre se encuentra la Fm. Puerto Boniato. Su espesor es reducido (no más de 20 m en el área) y su edad ( $P_2^2$ ) parte media. Su litología más característica son calizas blancas aporcelanadas finamente estratificadas con intercalaciones de silicitas negro - parduscas y calizas biodetríticas subordinadas.

Hacia la parte nororiental y suroccidental de la Sierra y en el tope del Grupo El Cobre se sitúa la Fm. El Caney cuya composición está marcada por una intercalación de tobas cineríticas, tufitas, tobas calcáreas, calizas tobáceas e intercalaciones de lavas y aglomerados. Su asociación fosilífera restringe su edad al Eoceno Medio, así como su posición estratigráfica bajo las formaciones Charco Redondo y San Luis.

También en el Eoceno Medio y sobre el Grupo El Cobre en general se desarrollan las formaciones Charco Redondo, Puerto Boniato y Farallón Grande.

**Formación Charco Redondo** (Eoceno Medio): Está formada por calizas

compactas, biodetríticas, fosilíferas, de colores claros, con brechas frecuentes en la base y estratificación gruesa en la base mientras que en la parte superior es fina. Su espesor varía entre 50 y 200 metros. Yace sobre el Grupo El Cobre, se encuentra en el flanco norte de la Sierra Maestra.

**Formación Puerto Boniato** (Eoceno Medio): Formada por calizas organodetríticas, algáceas y margas, con intercalaciones de silicítas negro-parduzcas. Su espesor no sobrepasa los 50 metros. Aflora en una franja discontinua al norte de la Sierra Maestra, al sur de la Sierra Cristal, en las provincias de Guantámo y Santiago de Cuba.

Sobre el Grupo el Cobre (Fm. Pilón) y la Fm. Charco Redondo, yace con discordancia en la región más occidental de la Sierra Maestra la Fm. Farallón Grande con características muy diferentes al resto de las unidades ya vistas anteriormente, pues se compone de brechas polimícticas de fragmentos angulosos y subangulosos de tamaños variados de hasta 0.1 m con intercalaciones de conglomerados de clastos bien redondeados y en menor cantidad arenisca de grano grueso. Hacia la parte superior aparece una intercalación rítmica de argilitas, calizas tobáceas y limolitas. Los clastos se originaron a partir de las formaciones Charco Redondo y El Grupo El Cobre.

**Formación San Luis** (Eoceno Medio). Constituye un potente paquete terrígeno con características flychoides de areniscas polimícticas, limolitas, margas, arcillas, calizas arcillosas, biodetríticas, arenosas y conglomerados polimícticos. En la parte superior del corte abunda el material clástico. Está cortada por diques y cuerpos de diabasas. La Formación San Luis transiciona lateral o verticalmente a la Formación Camarones (Eoceno Superior), la cual solo se encuentra en las estribaciones nororientales de la Gran Piedra. Esta formación está constituida por conglomerados polimícticos de cantos subredondeados que transiciona a areniscas de igual composición. Tiene un espesor de unos 500 metros.

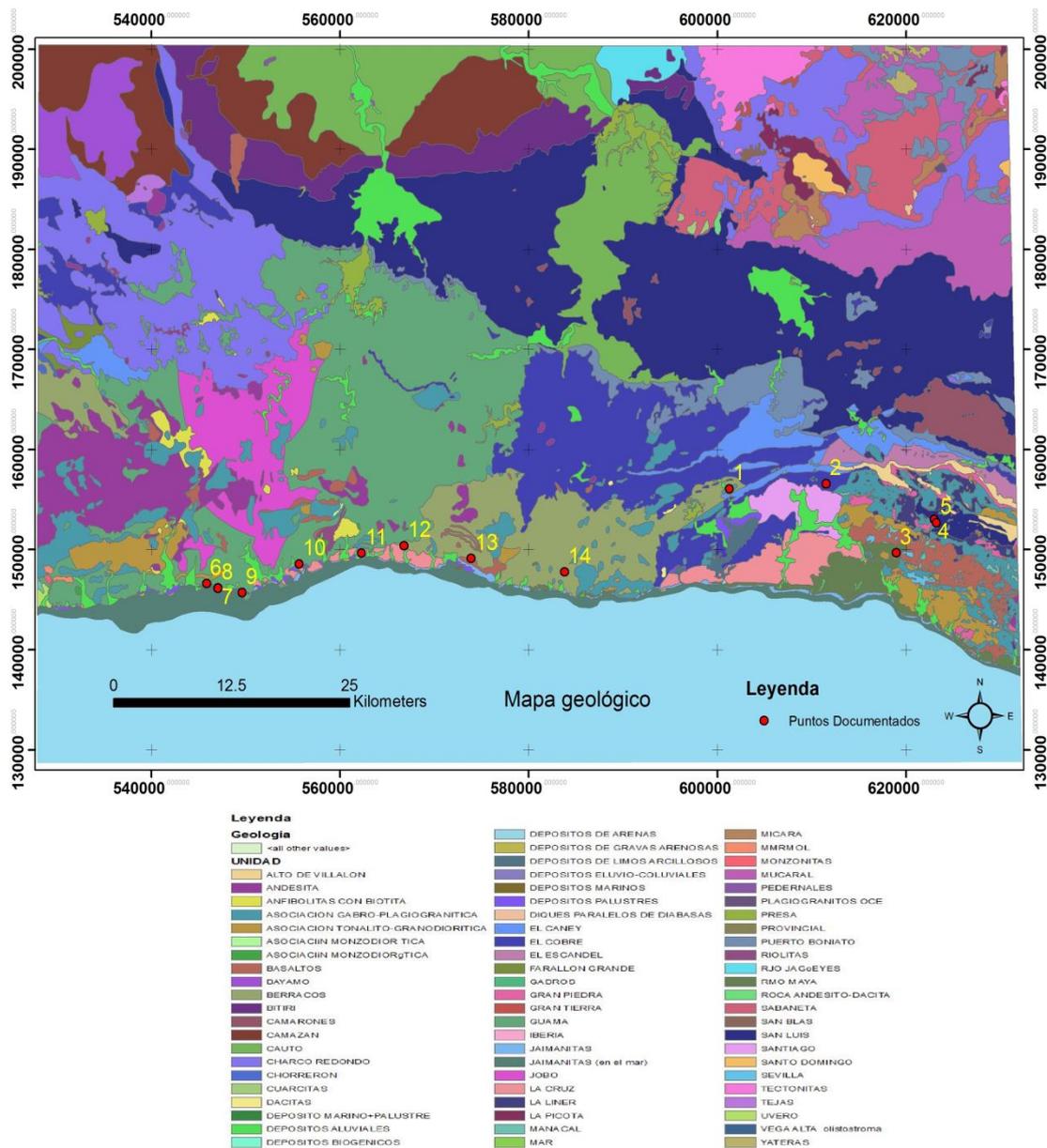


Figura 2. Fotografía del mapa geológico del área de estudio.

**CAPITULO II. METODOLOGIA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.**

**2.1 Introducción**

En el presente capítulo se describe la metodología aplicada en la investigación realizada para la evaluación de geositos del Arco Volcánico del Paleógeno en la provincia de Santiago de Cuba hacia la conservación del patrimonio geológico la cual parte de la recopilación bibliográfica a partir de la búsqueda de información y datos ejecutados en el área de estudio. Luego se procedió con la etapa de campo en la cual se realizaron campañas de corta duración por especialistas de la Universidad de Moa y finalmente se procesa toda la información obtenida en las dos etapas iniciales en la cual se alcanzan los resultados de la investigación.

El trabajo consta de tres etapas como se muestra en la figura 3.

- Etapa I. Etapa de búsqueda bibliográfica
- Etapa II. Etapa de trabajo de campo.
- Etapa III. Etapa de gabinete.

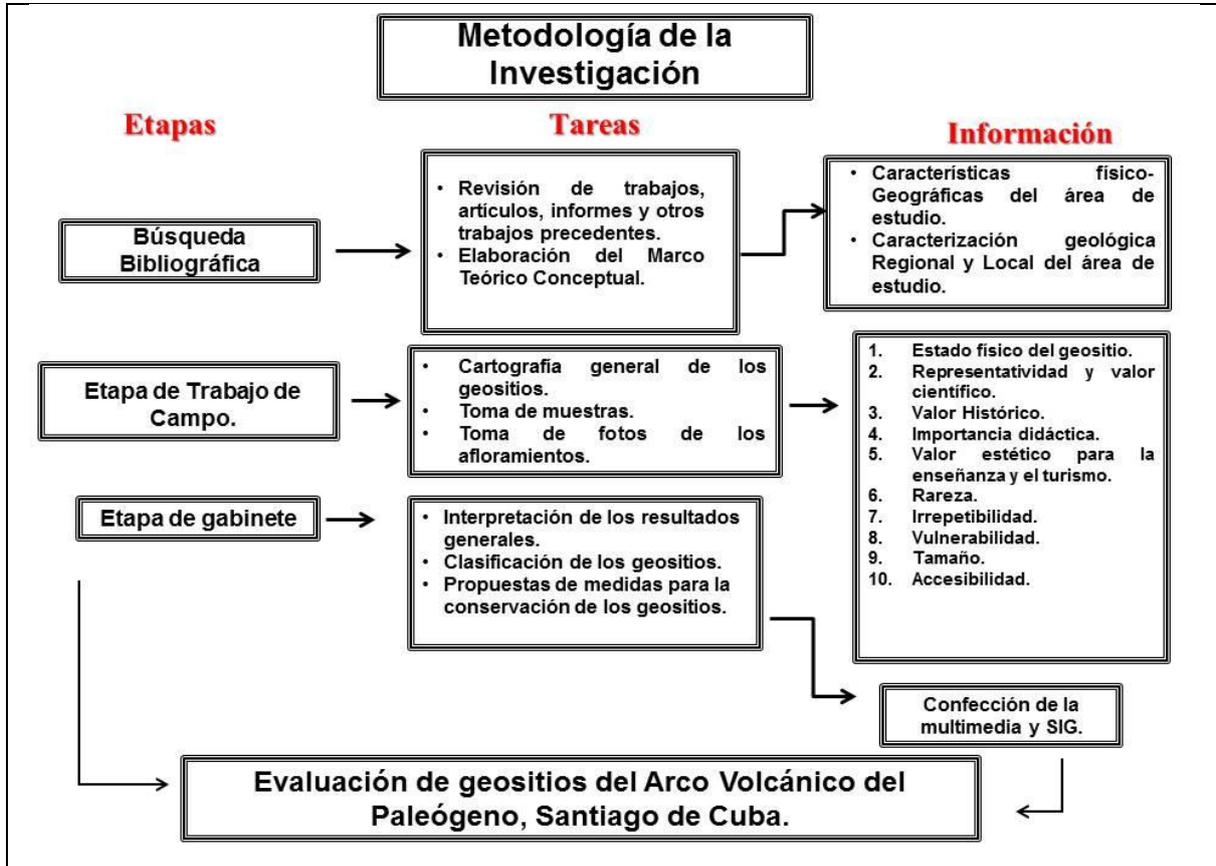


Figura 3. Flujograma de la investigación.

**2.2 Etapa de búsqueda bibliográfica.**

Una vez determinada el área de estudio se realizó la búsqueda, selección y revisión bibliográfica. Para realizar la revisión bibliográfica referente al tema se consultó en el centro de investigación de la Universidad de Moa los artículos científicos, trabajos de diplomas, revistas, libros y otros documentos relacionados con la temática abordada. Con la utilización de la información suministrada por el fondo geológico y sitios web de INTERNET especializados en el tema, se procede a elaborar el marco teórico conceptual y el diseño de la investigación, definiendo el problema a resolver y la metodología a emplear para solucionarlo, conformada por una integración de dos métodos.

Primero, el criterio de expertos; para la identificación de los geositos y segundo; la valoración a través de una serie de parámetros; para la evaluación de dichos sitios.

Se consideran como herencia geológica cubana:

- \* Localidades tipo y estratotipos de unidades lito y bioestratigráficas.
- \* Holotipos y paratipos de especies de animales y plantas fósiles.
- \* Yacimientos fosilíferos donde se han recuperado holotipos y paratipos.
- \* Minas reconocidas y minas representativas de una explotación importante.
- \* Estructuras geológicas de interés por su exclusividad o desarrollo.
- \* Informes originales de personalidades del trabajo científico, en el campo geológico, concernientes al hallazgo de minas, yacimientos de petróleo, fósiles importantes, manantiales de aguas minero medicinales, etc.
- \* Otros bienes creados por esfuerzo propio en función del trabajo geológico (Gutiérrez Domech, 2007).

El Arco Volcánico del Paleógeno se desarrolla fundamentalmente al sureste de la isla de Cuba (Sierra Maestra) continuación emergida de la cresta Caimán, cortada al sur por la falla oriente, es una zona de sitios geológicos valiosos en cuanto a su geografía y ambiente geológico. El recorrido por los distintos puntos geológicos nos permitió observar como la geología de la zona se mezcla con la atractiva naturaleza y dan lugar a un hermoso paisaje denominado geosito.

**Antecedentes de la investigación**

Se realizó un trabajo con el objetivo fundamental de crear un catálogo de geositios (sitios de interés geológico) dentro de los márgenes del primer Geoparque chileno. Este proceso se llevó a cabo mediante la aplicación de una metodología de evaluación y clasificación ajustable al territorio propuesto, siguiendo los lineamientos planteados por la Red Global de Geoparques de UNESCO. Estos geositios fueron elegidos no sólo por su interés geológico, sino que también por su potencial educativo, su accesibilidad, importancia cultural y belleza paisajística (Escobar, 2010).

Durante las últimas dos décadas, y particularmente en el presente siglo, las redes internacionales sobre estos temas se han incrementado notablemente, lo que ha favorecido su reconocimiento por parte de los organismos internacionales que regulan su funcionamiento. Si bien en diversos países del mundo estas estrategias han probado su efectividad, en México su desarrollo es aún incipiente. La contribución de estas estrategias al desarrollo local se lleva a cabo principalmente a partir de actividades como el Geoturismo, cuyo impacto en diversos casos reportados es sobresaliente (Prieto, 2013).

Se desarrolló Geoespeleología y georuta subterránea de la Caverna del Nitro (Zapatoca, Santander) en el que se hizo un reconocimiento exokárstico donde se caracterizan los tipos de lapiares presentes en el exterior de la cavidad y en la entrada de la misma. Se determinó que, pese a su continua afectación antropogénica, la cavidad guarda intereses científicos importantes, debido a sus condiciones activas del karst y a su extensión (Zafra Otero, Ríos Reyes, Archila Mendoza, Barajas Rangel, & González, 2018) .

Carmen Vanessa Franco desarrolló Geoparque: Identificación de geositios y planta turística para el desarrollo del turismo en la reserva paisajística de la subcuenca de Cotahuasí, Arequipa 2017, determinó que la relevancia local es más importante que la regional, nacional e internacional (Franco, 2018).

En Cuba, desde 2006 se desarrolla un proyecto de investigación que pretende rescatar, para su preservación, en primer lugar, las localidades tipo de las formaciones geológicas 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,

paisajístico, cultural, turístico y recreativo. Para catalogar los geositos objetivamente fue necesario elaborar una metodología basada en la utilización de 10 parámetros ponderados que permitieron categorizar cada lugar.

En este marco, específicamente en la región oriental del país, se han desarrollado investigaciones por parte del IGP y la Universidad de Moa que contribuyen al desarrollo de la labor de geoconservación que se lleva a cabo en nuestro país.

En áreas de la provincia Camagüey, (Pérez, Pacheco, & Trotman, 2007) presentó las principales localidades de interés geológico y paleontológico. Mapa de micro y macrolocalización, fotos y gráficos, así como propuestas de medidas de conservación y protección.

Se desarrolló el trabajo Estratotipos que constituyen patrimonio geológico en la provincia de Villa Clara, se evaluaron e incluyeron por su importancia dentro del Patrimonio Geológico de la provincia de Villa Clara 34 unidades litoestratigráficas reconocidas en el Léxico Estratigráfico de Cuba y 3 unidades informales. De los geositos con mejor evaluación los holoestratotipos de las formaciones Santa Clara y Santa Teresa fueron propuestos como Patrimonio Nacional y la localidad de la formación Mata como Patrimonio Local, 7 localidades fueron recomendadas para incluir en rutas del geoturismo y se sugirió la inclusión de las formaciones Provincial y Trocha en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Vento, Domech, Bernal, Rodríguez, & García, 2013).

Se 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 propusieron medidas para su conservación (Wright Castellanos, 2016).

Se realizó la Evaluación y diagnóstico de geositos en el municipios 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. El autor propone medidas eficientes para la conservación de los geositos (Martínez Corpas, 2016).

Se ejecutó la Evaluación y diagnóstico de geositos en los municipios del este de la provincia de Holguín, identificó 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. De igual forma se propusieron medidas para su conservación (Romero et al., 2017)

Se realizó la Caracterización de geositos para la protección y conservación del patrimonio geológico del municipio Baracoa, evaluó 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 (Gamboa, 2017).

Se llevó a cabo la realización la Caracterización de geositos para la protección y preservación del patrimonio geológico en la ruta de Baracoa-Puriales de Caujerí, identificó 26 sitios de interés geológico, de los cuales 5 se propusieron como patrimonio nacional y 14 como monumento local. Se propusieron medidas para la conservación (Francisco, 2018).

Se desarrolló la Evaluación y diagnóstico de nuevos geositos en los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País, de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico se identificaron 18 sitios de interés geológico, 14 en el municipio de Sagua de Tánamo y 4 en el municipio Frank País. Dos fueron propuestos como áreas protegidas de significación nacional, 4 como áreas protegidas de significación local y el resto debe recibir atención por autoridades locales. Se proponen medidas para su conservación (Ramos, 2018).

Se desarrolló la Evaluación de los sitios de interés geológico en el sector Ramón de las Yaguas, Santiago de Cuba, identificó 20 sitios de interés geológico en el cual se propone como área protegida de significación Nacional a Los Basaltos en Almohadillas del camino de Campo Rico y como área

protegida de significación Local a las Areniscas tobáceas del camino de Montecil , Areniscas tobáceas Oscuras Emilia II y Calizas Estratificadas Campo Rico III. Se proponen medidas para su conservación (Bravo, 2018).

### 2.3 Etapa de campo.

La segunda etapa se corresponde con los trabajos de campo, en esta se realizan visitas a los diferentes geositos en campañas de corta duración con el objetivo de evaluarlos, se tomaron varias fotos panorámicas y de detalles para apoyar las descripciones (Ver figura 4).

La selección de los geositos se rige por el método de; criterio de expertos, principalmente los vinculados con la Universidad de Moa, ya que este constituye un referente científico en toda la región oriental siendo rector en procesos del conocimiento, como la investigación y la enseñanza. Por tal motivo los que se desarrollaron en él, como pedagogos o investigadores, presenta vasta experiencia y conocimientos sobre la geología de oriente y de la provincia Santiago de Cuba. El criterio de los especialistas, apoyado en una revisión bibliográfica de los trabajos precedentes, nos permite efectuar un análisis de las generalidades y características geológicas, geomorfológicas, geoquímicas y petrológicas con el objetivo de realizar una elección preliminar de los contextos geológicos más significativos y centrar la recolección y toma de datos en los sitios que poseen características singulares.

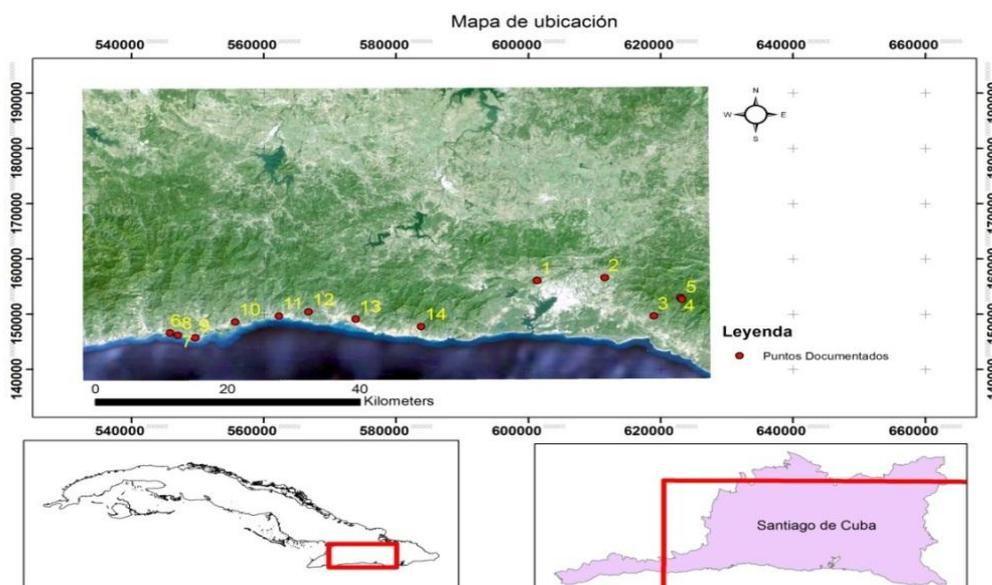


Figura 4. Mapa de ubicación de sitios de interés geológico.

La metodología utilizada fue la establecida por Gutiérrez (2007) donde se establecen 10 parámetros: representatividad y valor científico, valor histórico, importancia didáctica, valor estético, rareza e irrepetibilidad, representan la verdadera importancia científica del geositio, y las razones por las cuales debe considerarse patrimonio o herencia geológica; mientras que los de estado físico, vulnerabilidad, accesibilidad y tamaño resultan de mayor peso durante el diagnóstico para apreciar en qué medida debe protegerse el lugar y para las propuestas que deben elaborarse con vistas a su conservación, por lo cual en la tabla de valores ponderados elaborada, sobre la base de 100 puntos, éstos reciben la mayor puntuación.

Tabla 1. Clasificación de los parámetros.

<b>Parámetro</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Puntos</b>
Estado físico	Apropiado	3
	Poco apropiado	4
	Inapropiado	5
Representatividad y valor científico	Alto	15
	Medio	10
Valor histórico	Alto	10
	Medio	7
Importancia didáctica	Alto	12
	Medio	8
Valor estético para la enseñanza y el turismo	Alto	10
	Medio	7
Rareza	Notable	12
	Escaso	8
	Común	4
Irrepetibilidad	Irrepetible	12
	Repetible	8
Vulnerabilidad	Muy vulnerable	12
	Vulnerable	8
	Poco vulnerable	2
Tamaño	Grande	2
	Medio	4
	Pequeño	6
Accesibilidad	Muy accesible	6
	Accesible	5
	Poco accesible	4
	Inaccesible	2

**Requisitos para la evaluación de los parámetros propuestos.**

**1) Estado físico del geosito:** 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 o 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. Está siendo utilizado para verter residuales sólidos o líquidos en/a través del mismo. Está ocupado de forma permanente por alguna edificación.

**2) Representatividad y valor científico.**

- Alta(o): en caso de ser una localidad tipo original, un lectoestratotipo, un neoestratotipo, o un geosito donde han sido descritos holotipos de macro y microfósiles, o han sido halladas grandes poblaciones de dichas especies, por lo cual constituyen lugares verdaderamente representativos de una época geológica determinada, desarrollo geológico específico. También localidades de formas del relieve con características singulares y distintivas.

- Media(o): 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.

**3) 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.

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

Alto: si presenta estructuras, cristalizaciones, dislocaciones etc., espectaculares; 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.

#### **6) Rareza, por la dificultad en encontrar algún geositio con estas características.**

- Notable: si el fenómeno o forma que presenta el geositio 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.

**7) Irrepetibilidad**, relacionada con la rareza, pero también con las afectaciones o desaparición que puedan haber sufrido geositios 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 geositio de importancia.

**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 y 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.** (Atendiendo al 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 geológica. En el caso de la localidad de un holotipo, debe considerarse la totalidad del área.

- Medio: si abarca menos de una hectárea y/o tiene una longitud menor de 500 m y mayor de 100 m.

- Pequeño: si está en el entorno de 100 m de longitud o 100 m<sup>2</sup> (si es un corte o afloramiento)

**10) Accesibilidad.** (Atendiendo 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 cuando quiera visitarse.

**Procedimiento para clasificar los geositios**

Una vez aplicada la metodología establecida teniendo en cuenta la puntuación obtenida sobre la base de los 100 puntos se establece la clasificación de los geositios en A, B y C, determinándose previamente que:

- ✓ Para una puntuación entre 85 y 100 puntos los geositios se consideran de clase A, deben tener una mayor protección y si fuera posible una categoría patrimonial, local o nacional.
- ✓ Entre 70 y 84 puntos los geositios se consideran de clase B y debe establecerse para los mismos una forma de manejo y si resultara factible una categoría patrimonial local.
- ✓ Entre 50 y 69 puntos los geositios se catalogan como clase C y deben recibir algún tratamiento por las autoridades locales.

Según el artículo 5, del Decreto Ley 201/99, los geositios pudieran declararse: Parque Nacional, Reserva Natural, Reserva Ecológica, Elemento Natural, Paisaje Natural Protegido y según el artículo 3, áreas protegidas de significación nacional y áreas protegidas de significación local.

Durante el trabajo de campo el método de toma de muestras utilizado fue el de fragmento de roca, el tamaño de las muestras tomadas fue aproximadamente de 10x8x8 cm. Para la toma de muestras se utilizó una piqueta. Siempre se escogieron las rocas menos afectadas por los procesos geológicos, luego de obtenidos los fragmentos rocosos se procedió a enumerar y marcar la muestra para la cual se utilizó un marcador permanente. El trabajo de campo se utilizó una camioneta (Anexo 1.1), un GPS (Anexo 1.2), cámara digital (Anexo 1.3),

Piqueta (Anexo 1.4), Brújula (Anexo1.5), Bolsas de muestreo (Anexo 1.6), Agenda de trabajo de campo (Anexo 1.7).

#### **2.4 Etapa de gabinete.**

En esta etapa se realizó el análisis del cúmulo de datos derivados de las etapas anteriores. Para la interpretación de los datos obtenidos en el trabajo de campo; que partió de un análisis cualitativo de la bibliografía consultada, se realizó una ponderación de los parámetros evaluados con lo que se llegó a una categorización de los geositos (Categoría A, B o C), resultado que se tiene en cuenta a la hora de proponer los elementos como Monumento local, Monumento Nacional, Patrimonio Nacional etc. Independientemente de esta clasificación legal. Se declararon un conjunto de acciones a desarrollar, para contribuir a la protección y conservación del patrimonio natural. Para la realización de los gráficos se utilizó el Microsoft Excel 2010 y para los mapas el ArcGis 10.3. Se realizó el informe final en Microsoft Word 2010 como editor de texto y para el diseño y confección de la presentación de apoyo para la exposición de los datos se utilizó el software Microsoft Power Point 2010.

**CAPITULO III: INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.****3.1 Introducción**

Una vez culminada la etapa de campo se da lugar al análisis e interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación. El presente capítulo tiene como objetivo mostrar una información más actualizada de los geositos visitados durante los diferentes itinerarios, clasificarlos y con los resultados obtenidos evaluar el estado de conservación y cuidado en que se encuentran actualmente y de esta forma proponer medidas para su conservación.

**3.2 Geositos del Arco Volcánico del Paleógeno (AVP), Santiago de Cuba.**

En el área de estudio se identificaron 14 puntos que muestran características geológicas favorables para ser declarados como patrimonio geológico a los diferentes niveles. En cada uno de ellos se realizó la evaluación de su estado actual a partir de los parámetros establecidos según la metodología de Gutiérrez.

**Punto 1. Cantera Guaos.**

El punto se encuentra ubicado en el municipio Santiago de Cuba a 5 km, al oeste de la ciudad con coordenadas X: 601 260,51 y Y: 156 056,72. El área se encuentra en explotación desde 1978 (41 años), y sus plantas constituyen las principales abastecedoras de áridos en la provincia. En esta cantera se encuentra como material útil la profirita que es utilizada en la producción de áridos de diferentes granulometrías para su utilización en la elaboración de hormigones, carreteras y balasto. Es de color gris-verdosa, compacto, macizo en muchas partes con visible agrietamiento. El punto es accesible con estado físico inapropiado como se muestra en la figura 5, su representatividad y valor científico e histórico es alta, constituye alta importancia didáctica, valor estético medio, común, en territorio nacional existen puntos con características similares, repetible, muy vulnerable y de gran tamaño.



Figura 5. Vista Panorámica del Punto 1, Cantera Guaos.

### **Punto 2. Calizas Tobáceas del Caney.**

El punto se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Santiago de Cuba con coordenadas X: 611 529,853 y Y: 156 582, 477, en su litología podemos encontrar calizas tobáceas que se encuentran bien estratificadas, generalmente en capas finas, en muchas partes hay visible agrietamiento. Afloramiento ubicado al extremo de la carretera con buena accesibilidad y estado físico apropiado, la representatividad y valor científico es alto ya que posee un elevado interés estratigráfico además presenta alta importancia didáctica puesto que sirve para la enseñanza de la estratigrafía y sedimentología, así como ejemplificar los tipos de estratificaciones en la naturaleza y como se originaron, ver figura 6. Su rareza es común, existen geositos similares en el territorio nacional; repetible; de gran tamaño y valor estético alto, presenta formas que son atractivas para el visitante; a pesar de mostrar un estado físico apropiado es vulnerable debido a su gran accesibilidad; su valor histórico es medio ya que solo representa la existencia de un fenómeno geológico.



Figura 6. Vista Panorámica del Punto 2, Calizas Tobáceas del Caney.

### **Punto 3. Tobas calcáreas del poblado El Sapo.**

El punto se encuentra ubicado en la localidad El Sapo con coordenadas X: 618 953,66 y Y: 149 670,91; en su litología podemos encontrar tobas calcáreas y granodiorita en contacto con traquiandesita, lo que constituye buen punto para el estudio de la petrología. Afloramiento con estado físico inapropiado, está entre malezas y se ve afectado por la acción antrópica factores que favorecen a que sea muy vulnerable; la representatividad y valor científico e histórico es medio; es accesible, común, repetible dado a que se pueden encontrar más puntos como este en el área de estudio; tiene valor estético medio, solo presenta formas atractivas para los geólogos; importancia didáctica alta, de pequeño tamaño. (Figura 7)





Figura 7. Vista Panorámica del Punto 3, Tobas calcáreas del poblado El Sapo.

#### **Punto 4. Margas de la Fm. San Luis.**

Punto perteneciente a la formación San Luis con coordenadas X: 622 996,50 y Y: 153 014,75, su litología muestra margas de color crema-blancuecino como se muestra en la figura 8. Afloramiento con buena accesibilidad y estado físico poco apropiado, factores que condiciona que sea muy vulnerable, el lugar está cubierto ligeramente de malezas y afectado por procesos de meteorización y erosión; la representatividad y valor científico es medio teniendo en cuenta que se encuentra dañado por procesos exógenos; es común, repetible dado a que en el territorio nacional podemos encontrar afloramientos con características similares; de gran tamaño con alto valor histórico y valor estético medio, tiene un valor significativo en lo que incumbe al turismo geológico y la importancia didáctica es media, sobre todo encaminada al estudio de la petrología y se convierte en un buen punto para la realización de prácticas laborales por estudiantes de la carrera.





Figura 8. Vista Panorámica del Punto 4, Margas de la Fm. San Luis.

### **Punto 5. Calizas del poblado Olimpo.**

El afloramiento se encuentra localizado en el poblado Olimpo con coordenadas X: 623 213,90 y Y: 152 696,52. En su litología podemos encontrar calizas que se encuentran muy alteradas por procesos de meteorización, ver figura 9. El punto está ubicado al extremo de la carretera con buena accesibilidad y estado físico poco apropiado ya que gran parte del lugar está cubierto por malezas y afectado por procesos exógenos; repetible, al igual que en el territorio nacional, en el área de estudio se encuentran afloramientos con características similares; su rareza es común, valor estético medio, presenta forma atractivas para los geólogos con alta importancia didáctica para el estudio de procesos exógenos; su representatividad y valor científico e histórico es alta sobre todo para el estudio de la petrología; su buena accesibilidad condiciona que sea muy vulnerable y es de tamaño medio.

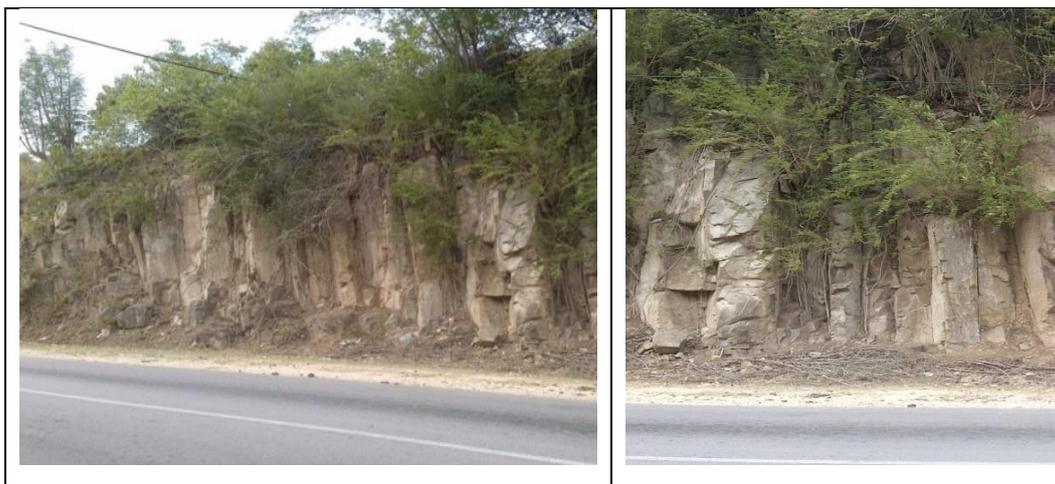


Figura 9. Vista Panorámica del punto 5, Calizas del poblado Olimpo.

**Punto 6. Dacitas De Chivirico.**

El afloramiento está localizado en el pueblo de Chivirico con coordenadas X: 545 843.154 y Y: 146 600.243, en su litología podemos encontrar Dacita que se ven afectadas en su gran mayoría por procesos de meteorización y erosión. El punto es accesible, se encuentra en estado físico inapropiado teniendo en cuenta que está rodeado completamente por malezas y en su totalidad se ve afectado por procesos exógenos como se observa en la figura 10, factores que dan lugar a su gran vulnerabilidad y que su representatividad y valor científico sea medio, es de gran tamaño; común; repetible, se pueden encontrar afloramientos similares a lo largo del país; su valor histórico e importancia didáctica es media, es significativo para el estudio de la petrología y su valor estético es medio, contiene formas atractivas para los geólogos.

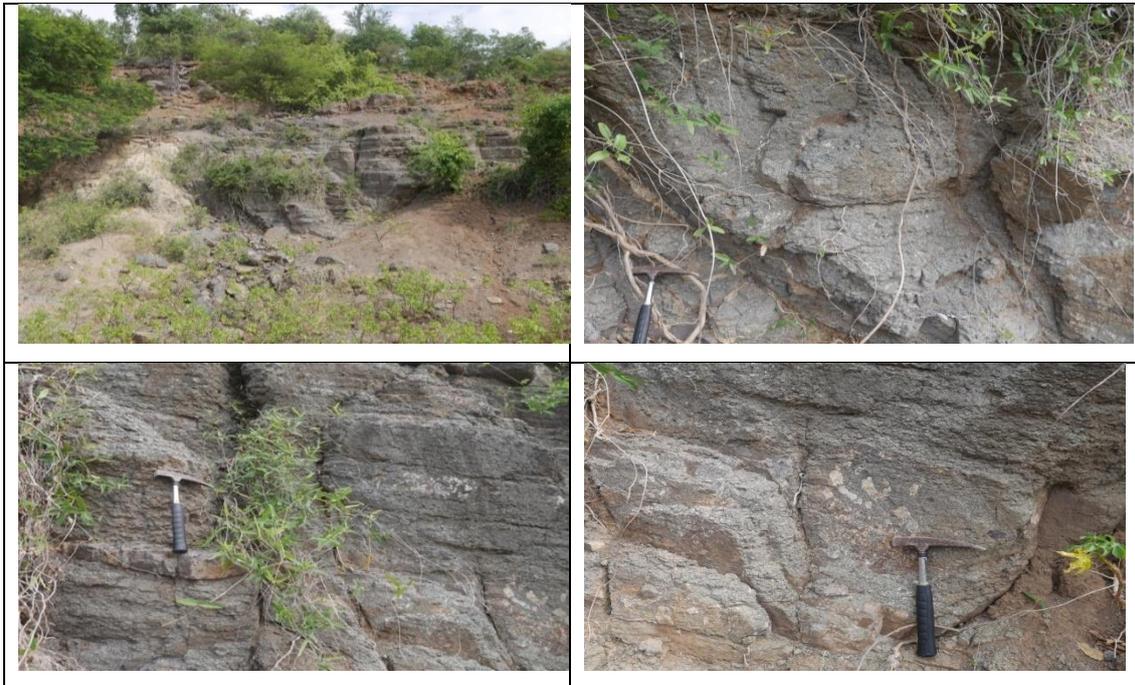


Figura 10. Vista Panorámica del Punto 6, Dacitas de Chivirico

**Punto 7. Tobas calcáreas en las afueras de Chivirico.**

El punto está localizado en las afueras de Chivirico en las coordenadas X: 547 019.033 y Y: 146 157.579 rumbo a Santiago de Cuba. En su litología podemos encontrar tobas calcáreas afectadas en gran medida por procesos de meteorización y erosión, se observa un ligero plegamiento, en muchas partes es visible el agrietamiento y está dañado por factores antrópicos. El afloramiento se encuentra en estado físico inapropiado ya que la mayor parte

del lugar está cubierto por malezas y afectada por los procesos erosivos y antrópicos. Es accesible; con valor histórico medio; muy vulnerable dado a que se halla expuesto a la acción antrópica y es afectado por los agentes naturales que tienen lugar en el sitio donde se localiza el mismo por lo que se hace necesario tomar medidas para su protección. Muestra valor estético medio, tiene un valor significativo en el que incumbe al turismo geológico. Su rareza es común, en el territorio nacional existen otros afloramientos con características similares; repetible; de tamaño medio; con representatividad y valor científico media teniendo en cuenta que está alterado por agentes erosivos y la acción antrópica; con alta importancia didáctica para el estudio de procesos geológico (Ver figura 11).



Figura 11. Vista Panorámica del Punto 7, Tobas calcáreas en las afueras de Chivirico.

### **Punto 8. Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago.**

El punto se localiza en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago de Cuba en coordenadas X: 547 010.33 y Y: 146 148.39, está constituido de areniscas tobáceas y se ve afectado en gran medida por los procesos naturales que tienen lugar en el sitio donde se encuentra. Afloramiento con muy buena accesibilidad y estado físico poco apropiado como se observa en la figura 12,

factores que condiciona que sea muy vulnerable, el lugar está cubierto en gran parte de malezas y afectado por procesos de meteorización y erosión; la representatividad y valor científico es medio teniendo en cuenta que se encuentra dañado por procesos exógenos; es común, repetible dado a que en el territorio nacional podemos encontrar afloramientos con características similares, de igual forma en el área de estudio se encuentran puntos análogos; de tamaño medio con alto valor histórico y valor estético medio, tiene un valor significativo en lo que incumbe al profesional geológico y la importancia didáctica es media, sobre todo encaminada al estudio de la petrología y se convierte en un buen punto para la realización de prácticas laborales por estudiantes de la carrera.



Figura 12. Vista Panorámica del Punto 8, Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago.

### **Punto 9. Arenisca de Playa Blanca.**

El punto se localiza en Playa Blanca en las coordenadas X: 549 602.328 y Y: 145 706.755, en su litología podemos encontrar areniscas. El afloramiento se encuentra en estado físico poco apropiado con alta representatividad y valor científico e histórico; muestra alta importancia didáctica y su valor estético es elevado, ver figura 13, tiene un marcado interés turístico el cual puede ser aprovechado para la realización de excursiones y exhibe formas atractivas para el visitante neófito, es muy vulnerable, de tamaño medio, y fácil accesibilidad; común y repetible, podemos encontrar otros afloramientos con características similares a lo largo del territorio nacional y también en el área de estudio.



Figura 13. Vista Panorámica del Punto 9, Areniscas de Playa Blanca.

### **Punto 10. Calizas de Alto del Mosquito.**

Afloramiento ubicado al extremo de la carretera en la localidad Alto del Mosquito en coordenadas X: 555 649.713 y Y: 148 563.813, en su litología podemos encontrar calizas con buena accesibilidad y estado físico poco apropiado factores que condicionan su vulnerabilidad dado a que gran parte del mismo se encuentra cubierto por malezas y afectado por procesos exógenos como se observa en la figura 14. Su representatividad y valor científico e histórico es medio; es repetible, común ya que se pueden encontrar otros similares no solo a lo largo del territorio nacional sino también en el área de estudio; es de gran tamaño con valor estético e importancia didáctica media, constituye formas atractivas para los geólogos y es importante para el estudio de la petrología.



Figura 14. Vista Panorámica del Punto 10, Calizas de Alto del Mosquito.

**Punto 11. Dacitas de Guamá.**

El punto localiza en coordenadas X: 562 158.658 y Y: 149 302.798, está constituido de Dacitas. El afloramiento se encuentra en estado físico apropiado, libre de maleza residual; muy accesible, notable e irrepetible, en el área de estudio no se encuentran otros puntos que muestren características análogas; su representatividad y valor científico e histórico es alto; es un afloramiento pequeño con alta importancia didáctica y valor estético, presenta formas atractivas no solo para los geólogos sino también para visitantes que tengan o no conocimiento del tema, es poco vulnerable (Ver figura 15).



Figura 15. Vista Panorámica del Punto 11, Dacitas de Guamá.

**Punto 12. Dacitas de Guamá.**

El punto se localiza en coordenadas X: 566 802.105 y Y: 150 424.051 y está constituido de Dacita. Afloramiento accesible y con estado físico poco apropiado factores que favorecen su vulnerabilidad dado a que gran parte del mismo se encuentra cubierto por malezas como se muestra en la figura 16. Su representatividad y valor científico e histórico es medio; es repetible, común ya que se pueden encontrar otros similares no solo a lo largo del territorio nacional sino también en el área de estudio; es de tamaño medio con valor estético e importancia didáctica media, constituye formas atractivas para los geólogos y es importante para el estudio de la petrología.



Figura 16. Vista Panorámica del Punto 12, Dacitas de Guamá.

### **Punto 13. Arenisca de Guamá.**

El punto se localiza en las coordenadas X: 573 939.843 y Y: 149 118.469 constituido de una secuencia terrígena-carbonatada en la base y el techo. En su litología podemos encontrar areniscas. Es accesible y con estado físico poco apropiado factores que favorecen su vulnerabilidad dado a que gran parte del mismo se encuentra cubierto por malezas. Su representatividad y valor científico e histórico es medio; es repetible, común ya que se pueden encontrar otros similares no solo a lo largo del territorio nacional sino también en el área de estudio; es de tamaño pequeño con valor estético e importancia didáctica alta, constituye formas atractivas para los geólogos y es importante para el estudio de la petrología; constituye un buen punto para la realización de las prácticas de campo de los estudiantes de la carrera (Ver figura 17).





Figura 17. Fotografía del Punto 13, Areniscas de Guamá.

**Punto 14. Calizas de la carretera rumbo a Santiago.**

Afloramiento ubicado al extremo de la carretera con coordenadas X: 583 776.449 y Y: 147 645.719 constituido de calizas. Muestra muy buena accesibilidad en el que a pesar de estar rodeado de vegetación se encuentra en buen estado. Muestra valor estético alto, presenta formas que son atractivas no solo para los geólogos sino también para visitantes que tengan o no conocimiento del tema, ver figura 18; representa alta importancia didáctica; su rareza es común dado a que en el territorio nacional han sido identificados afloramientos con características similares; repetible; poco vulnerable debido al buen estado físico en que se encuentra; de gran tamaño con alta representatividad y valor científico e histórico.





Figura 18. Fotografía del Punto 14, Calizas de la carretera rumbo a Santiago.

### **3.3 Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.**

Durante la etapa de los trabajos de campo se realizó la descripción de los geositios visitados durante los diferentes itinerarios según la metodología propuesta con el objetivo de mostrar una información más actualizada del estado de conservación de cada sitio. A partir de los resultados obtenidos durante el procesamiento de esta información, se confeccionó una tabla analítica que muestra el ranking comparativo de los sitios de interés geológico a partir de la evaluación cualitativa. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Ranking comparativo de sitios de interés geológico a partir de la evaluación cualitativa

No.Pto	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Puntuación	Clasificación
1	Cantera Guaos	5	15	10	12	7	4	8	12	2	5	80	B
2	Calizas tabáceas del Caney	3	15	7	12	10	4	8	8	2	6	75	B
3	Tobas calcáreas del poblado El Sapo	5	10	7	12	7	4	8	12	6	5	76	B
4	Margas de la Fm.San Luis	4	10	10	8	7	4	8	12	2	6	71	B
5	Calizas del poblado Olimpo	4	10	10	12	7	4	8	12	4	6	77	B
6	Dacitas de Chivirico	5	10	7	8	7	4	8	12	2	5	68	C
7	Tobas calcáreas en las afueras de Chivirico	5	10	7	12	7	4	8	12	4	5	74	B
8	Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago de Cuba	4	10	10	8	7	4	8	12	4	6	73	B
9	Areniscas de Playa Blanca	4	15	10	12	10	4	8	12	4	6	85	A
10	Calizas de Alto del Mosquito	4	10	7	8	7	4	8	8	2	6	64	C
11	Dacitas de Guamá	3	15	10	12	10	12	12	2	6	6	88	A
12	Dacitas de Guamá	4	10	7	8	7	4	8	8	4	5	65	C
13	Areniscas de Guamá	4	10	7	12	10	4	8	8	6	5	74	B
14	Calizas de la carretera rumbo a Santiago	3	15	10	12	10	4	8	2	2	6	72	B

## Leyenda

- |   |                    |                   |
|---|--------------------|-------------------|
| 1. Estado Físico                        | 5. Valor estético  | 9. Tamaño         |
| 2. Representatividad y Valor Científico | 6. Rareza          | 10. Accesibilidad |
| 3. Valor Histórico                      | 7. Irrepetibilidad |                   |
| 4. Importancia Didáctica                | 8. Vulnerabilidad  |                   |

A partir de la tabla 2 se pudo elaborar los gráficos de por ciento de calidad para cada parámetro que nos permitió las cualidades y el estado de los geositos.

Como se muestra en el gráfico 1, el 50 % de los geositos presentan un estado físico actual poco apropiado destacándose el punto 12 donde la acción antrópica ha incidido de forma directa en su deterioro y el punto 5 el cual está cubierto en su mayor parte de malezas. El 29 % de los sitios de interés geológico del área fue clasificado como inapropiado, observándose en el punto 3 el cual está rodeado completamente de malezas y afectado en gran medida por procesos exógenos y el punto 7 que se encuentra en su mayor parte entre malezas y se ve damnificado por la acción antrópica. El 21 % clasifica con un estado físico apropiado, ejemplo, el punto 2.

El 36 % de los geositos son de alta representatividad y valor científico como se puede observar en el punto 2 dado a que muestra un elevado interés estratigráfico. El 64 % restante tuvo una menor clasificación, esto se debe a que existen puntos homólogos o similares en mejores condiciones en otros sectores. (Ver gráfico 2).

En cuanto la variable de valor histórico (gráfico 3), el 50 % es alto, ejemplo de esto se pueden citar los puntos 1 y 11 los cuales constituyen evidencia de procesos geológicos. La variable de importancia didáctica (gráfico 4) muestra que el 64 % de los puntos estudiados obtienen una clasificación alta, valores representativos se observan en el punto 2 dado a que sirve para la enseñanza de la estratigrafía y sedimentología, así como ejemplificar los tipos de estratificaciones en la naturaleza y como se originaron y el punto 9 para el estudio de la meteorización esferoidal. El 36 % restante obtuvo una clasificación media.

El gráfico 5 arrojó resultados acerca del valor estético de los sitios de interés geológico del área de estudio en el que solo el 36 % muestra un carácter elevado, destacándose los puntos 2, 9 y 14 por tener grandes condiciones para fines docentes y turismo de la naturaleza y mostrar formas que son atractivas no solo para los geólogos sino también para visitantes que tengan o no conocimiento del tema. El 64 % clasifica en el rango de medio, destacándose los puntos 5 y 10.

Otra de las variables analizada fue la rareza (gráfico 6), como se puede observar en el gráfico 6, el 7 % de los geositos visitados clasifican entre notable o escasos, en total acuerdo con la categoría irrepitibilidad, relacionada con la rareza, pero también con las afectaciones o desaparición que puedan haber sufrido geositos similares, que son irrecuperables. Pueden dividirse en repetibles o irrepitibles, el primero de los casos se acepta cuando pueden designarse otros lugares que tengan características similares y que representen iguales situaciones, estructuras, formas o fenómenos que lo definen como un geosito de importancia.

Fueron clasificados como repetibles el 93 % e irrepitibles el 7 %, tal es el caso del punto 11 dado a que en el área de estudio no se encuentran afloramientos con características análogas. (Ver gráfico 7).

La vulnerabilidad (gráfico 8) es proporcional al daño que puedan recibir o que hayan recibido, en los casos analizados el 57 % se encuentran en estado muy vulnerable, ejemplo de esto se puede observar el punto 3 expuesto a la actividad antrópica y damnificado por procesos exógenos que imperan en el área y el punto 1 dado a que se halla expuesto a la acción antrópica y es afectado por los agentes naturales que tienen lugar en el sitio en el que se localiza el mismo por lo que se hace necesario tomar medidas para su protección. El 29 % de los sitios analizados clasifican como vulnerable donde resalta el punto 2 el cual, a pesar de conservar un estado físico apropiado, es muy accesible, y esto favorecen su vulnerabilidad. Solo el 14 % está en condiciones de poca vulnerabilidad.

Respecto a la variable tamaño (gráfico 9) el 43 % de los puntos clasifican como grande como se puede apreciar en el punto 2. El 36 % como medio y en la categoría de pequeño el 21%, punto 3.

Para la accesibilidad (gráfico 10), se utilizaron dos divisiones en esta categoría: muy accesible (60 %), existen caminos o carreteras con condiciones suficientes para que transiten vehículos, punto 2, 4 y 5 que se encuentran ubicados al extremo de la carretera y el 40 % restante son accesibles (punto 1, 3,6), se puede acceder a ellos a través de caminos, poco accesibles e inaccesibles (ninguno).



Gráfico 1

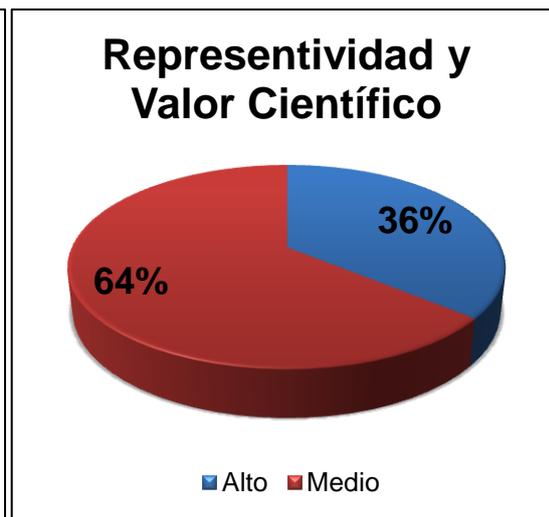


Gráfico 2



Gráfico 3

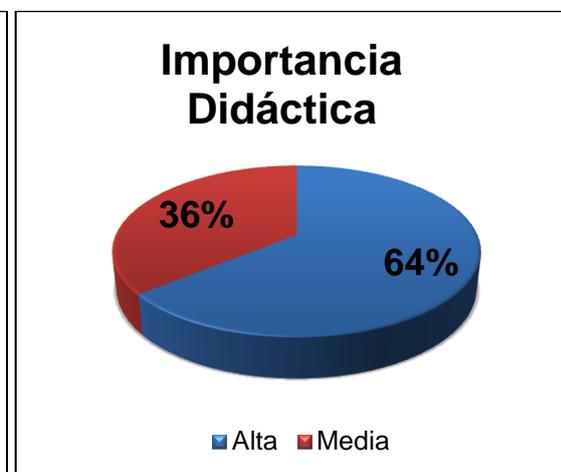


Gráfico 4



Gráfico 5



Gráfico 6



Gráfico 7



Gráfico 8

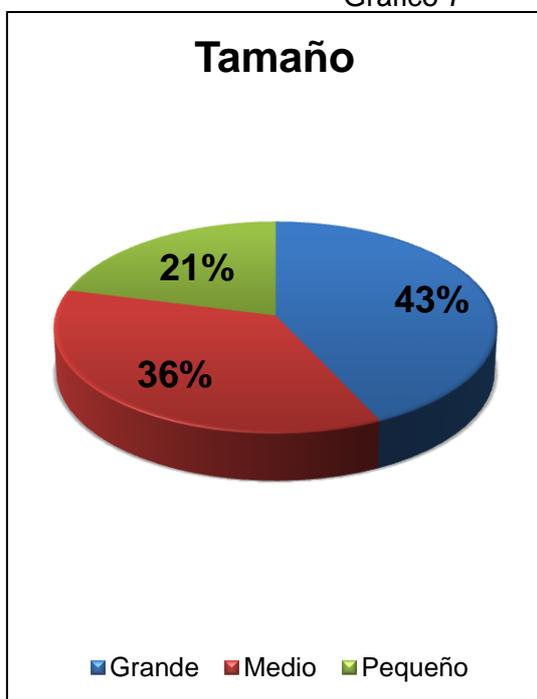


Gráfico 9

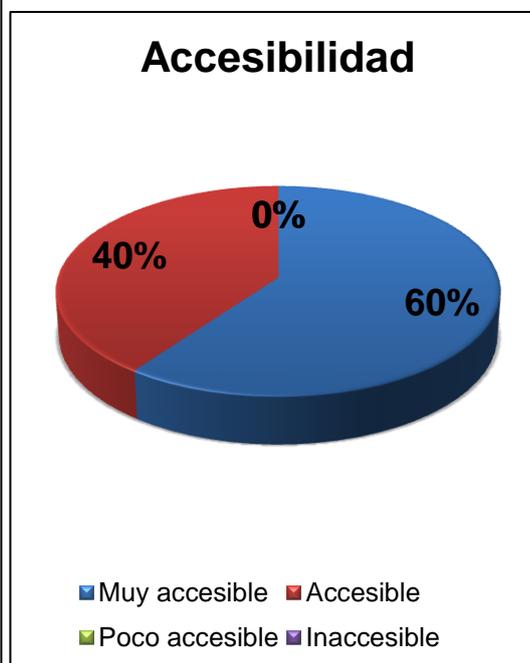


Gráfico 10

Al aplicar la metodología establecida y teniendo en cuenta la puntuación obtenida sobre la base de 100 puntos se determinó:

Del total de 14 geositios evaluados, 2 de ellos pueden ser clasificados de importancia nacional y/o internacional (gráfico 11), Punto 9. Areniscas de Playa Blanca y Punto 11. Dacitas de Guamá, ya que cumplen con los parámetros establecidos en la variable A. El resto de los geositios serán clasificados como geositios regionales y/o locales. Se puede ver que los valores de aquellos geositios de carácter nacional y/o internacional son notoriamente más altos que

los regionales y/o locales, lo cual se debe a la mayor ponderación de los valores A y C en la fórmula que calcula el Q total (valor del geosito).

Con las evaluaciones numéricas de los geositos seleccionados, se mostrarán tres rankings de geositos, de cada uno de los criterios evaluados.

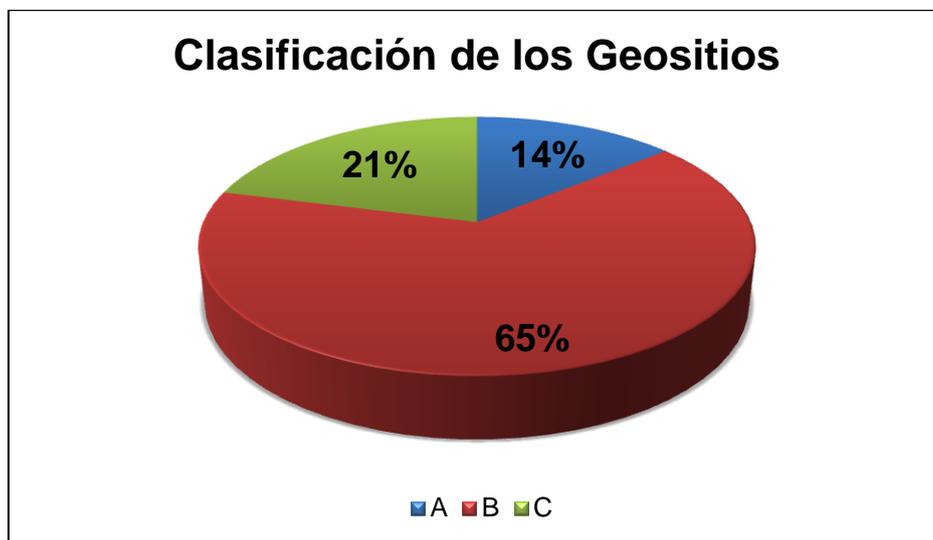


Gráfico 11. Clasificación de los geositos.

Los Tablas 3, 4 y 5 muestran los resultados esperados en los criterios respectivos. Donde los geositos mejor evaluados se encuentran en las cabeceras de sus respectivas tablas.

Tabla 3. Puntos evaluados de A.

No.	Punto	Descripción	Puntuación	Clasificación
1	9	Areniscas de Playa Blanca	85	A
2	11	Dacitas de Guamá	88	A

Tabla 4. Puntos evaluados de B.

No.	Punto	Descripción	Puntuación	Clasificación
1	1	Cantera Guaos	80	B
2	2	Calizas tabáceas del Caney	75	B
3	3	Tobas calcáreas del poblado El Sapo	76	B
4	4	Margas de la Fm.San Luis	71	B
5	5	Calizas del poblado Olimpo	77	B
6	7	Tobas calcáreas en las afueras de Chivirico	74	B

7	8	<b>Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago de Cuba</b>	73	B
8	13	<b>Areniscas de Guamá</b>	74	B
9	14	<b>Calizas de la carretera rumbo a Santiago</b>	72	B

Tabla 3. Puntos evaluados de C.

No.	Punto	Descripción	Puntuación	Clasificación
1	6	<b>Dacitas de Chivirico</b>	68	C
2	10	<b>Calizas de Alto del Mosquito</b>	64	C
3	12	<b>Dacitas de Guamá</b>	65	C

### 3.4. Propuestas de medidas de conservación.

- Promover una cultura de protección y conservación a través de actividades comunitarias en las localidades adyacentes a los geositos.
- Facilitar a las autoridades municipales y provinciales el informe del estado actual de conservación de los sitios de interés geológico con el fin de su explotación para el turismo de naturaleza o cualquier otro interés local.
- Monitorear paulatinamente el estado de los geositos con el fin de prevenir las acciones, tanto naturales como antrópicas, que puedan deteriorar a los mismos.
- Evitar los asentamientos poblacionales cerca de la ubicación del geosito para prevenir problemas relacionados con vertimientos de desechos, deterioro de la flora y de la fauna y contaminación de las aguas superficiales.
- Señalizar la existencia de un geosito de forma tal que los visitantes sepan que deben respetar el entorno.
- La confección de un programa donde queden unidos el patrimonio geológico con el patrimonio histórico y de esa manera promover un geoturismo sostenible.

**Conclusiones**

- Se evaluaron 14 geositos en el Arco Volcánico del Paleógeno en la provincia de Santiago de Cuba. El 50 % de los geositos presentan estado físico poco apropiado, el 29 % inapropiado, y solo el 21 % están en estado físico apropiado. El 36 % muestra alta representatividad y valor científico y el 50 % presenta un alto valor histórico, el 64 % tiene alta importancia didáctica, en cuanto al valor estético el 36 % fue evaluado de alta, según la categoría de rareza, solo el 7 % fue evaluado como notable, el 93 % clasificó como repetible. De muy vulnerable fue evaluado el 57 %, de vulnerable el 29 % y de poco vulnerable el 14 %. El 43 % se estimó como grande, el 36 % de tamaño medio y el 21 % restante como pequeño. El 60 % fue calificado de muy accesible.
- Del total de 14 geositos evaluados, 2 de ellos pueden ser clasificados de importancia nacional, Punto 9. Areniscas de Playa Blanca y Punto 11, Dacitas de Guamá ya que cumplen con los parámetros establecidos en la variable A. El resto de los geositos serán clasificados como geositos regionales y/o locales. Se puede ver que los valores de aquellos geositos de carácter nacional son notoriamente más altos que los regionales y/o locales, lo cual se debe a la mayor ponderación de los valores A y C en la fórmula que calcula el Q total (valor del geosito).
- Se propusieron 6 medidas de conservación de los geositos siendo las más importantes las de promover una cultura de protección y conservación a través de actividades comunitarias en las localidades adyacentes a los geositos y monitorear paulatinamente el estado de los geositos con el fin de prevenir las acciones, tanto naturales como antrópicas, que puedan deteriorar a los mismos.

**Recomendaciones**

- Fomentar el estudio del Patrimonio geológico a través de la realización de tesis de pregrado en la Universidad de Moa.
- Evaluar el potencial de toda la provincia de Santiago de Cuba para la creación de rutas geoturísticas.
- Desarrollar actividades educativas, divulgativas y de visibilidad del patrimonio geológico.
- Monitorear de forma anual, como mínimo, para supervisar el cumplimiento de las medidas aplicadas para su conservación.

**Bibliografía**

- 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.
- Brilha, J. (2005). Património geológico e geoconservação. *A Conservação Da Natureza Na Sua Vertente Geológica*, 190.
- Carcavilla, L., Cortés, A. G., Martínez, E. D., & Otero, G. L. (2014). *GEODIVERSIDAD Y PATRIMONIO GEOLÓGICO*.
- Colmenero Rielo, I. E. (2015). *Análisis del peligro por deslizamientos de los principales viales de la provincia de Santiago de Cuba*. Departamento de Geología.
- Dowling, R. K., & Newsome, D. (2006). *Geotourism*. routledge.
- Escobar, P. M. M. (2010). *IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE GEOSITIOS, PARA LA CREACIÓN DEL I GEOPARQUE EN CHILE, EN TORNO AL PARQUE NACIONAL CONGUILLÍO*. Universidad de Chile.
- Fernández, J. (2007). Identificación y evaluación de geositios en el Parque Nacional Torres del Paine. *Memoria de Título. Departamento de Geología. Universidad de Chile*.
- Francisco, T. D. (2018). *Caracterización de geositios para la protección y preservación del patrimonio geológico en la ruta Baracoa-Puriales de Caujerí*. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Franco, C. V. F. (2018). *Geoparque: identificación de geositios y planta turística para el desarrollo del turismo en la reserva paisajística de la sub cuenca de Cotahuasi, Arequipa 2017*.
- Gamboa, A. I. J. F. (2017). *Caracterización de geositios para la protección y conservación del patrimonio geológico del municipio Baracoa*. ISMMM.
- Gutiérrez Domech, M. R. (2007). *Propuesta de metodología a emplear para las acciones de protección del patrimonio geológico. Memorias II Convención*

*Ciencias de la Tierra.*

- Martínez Corpas, C. R. (2016). *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.
- Martínez Ruiz, H., & Ávila Reyes, E. (2010). *Metodología de la investigación*. Cengage Learning,.
- Pérez, E. P., Pacheco, V. G., & Trotman, I. A. (2007). *PROTECCION Y CONSERVACION DEL PATRIMONIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO CAMAGUEYANO*.
- Prieto, J. L. P. (2013). Geositios, geomorfositos y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, 2013(82), 24–37*.
- Ramos, J. A. S. (2018). *Evaluación y diagnóstico de nuevos geositios en los municipios Sagua de Tánamo y Frank País, de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico*. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Romero, C. L. P., Mariño, Y. V., Gutiérrez-Domech, M. R., Corpas, C. R. M., Bernal-Rodríguez, L. R., & Pantaleón-Vento, G. J. (2017). Evaluación y diagnóstico de geositios en los municipios del este de la provincia de Holguín. *Ciencia & Futuro, 7(4), 37–58*.
- Valderrama, G. J., Garrido, M. L., & Torrejón, A. C. (2013). *Guía para el uso sostenible del Patrimonio Geológico de Andalucía*.
- Vento, G. J. P., Domech, M. R. G., Bernal, L., Rodríguez, A. B. D., & García, A. M. (2013). *ESTRATOTIPOS QUE CONSTITUYEN PATRIMONIO GEOLOGICO EN LA PROVINCIA DE VILLA CLARA*.
- Villafranca, I. F. (1978). ¿Estratotipos o secciones tipo? *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2(2), 105–111*.
- Wright Castellanos, D. (2016). *Evaluación de los sitios de interés geológicos*

*más importantes de los municipios Sagua de Tánamo y Moa, Holguín.*  
Instituto Superior Minero Metalúrgico.

Zafra Otero, D., Ríos Reyes, C., Archila Mendoza, A., Barajas Rangel, D., & González, M. (2018). *Geoespeleología y georuta subterránea de La Caverna del Nitro (Zapatoca, Santander)*.

Zouros, N. (2004). The European Geoparks Network: Geological heritage protection and local development--A tool for geotourism development in Europe. *4th European Geoparks Meeting*, 15–24.

**Anexos Gráficos**



Anexo 1.1 Camioneta



Anexo 1.2. GPS



Anexo 1.3. Cámara digital



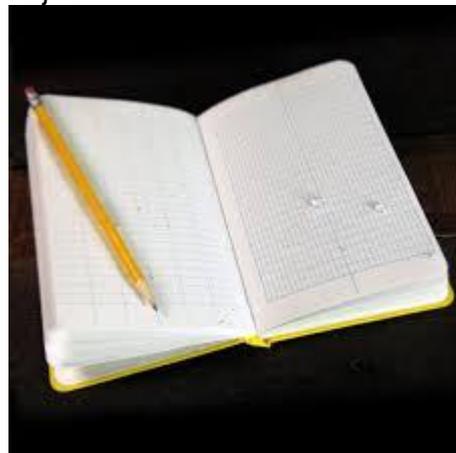
Anexo 1.4. Piqueta



Anexo 1.5. Brújula



Anexo 1.6. Bolsas de muestreo



Anexo 1.7. Agenda de Campo.

### **Anexos Textuales**

**Anexo 2** Declaración Internacional sobre los Derechos de la Memoria de la Tierra (Digne, Francia, 1991). La Declaración de Digne.

En el primer Simposio Internacional sobre Protección del Patrimonio Geológico, celebrado en Digne (Francia) en 1991, se redactó una declaración común denominada Declaración Internacional de los Derechos de la Memoria de la Tierra. En ella más de un centenar de especialistas en Geología expresaban la importancia del patrimonio geológico.

Declaración de Digne (1991)

- 1.- Así como la vida humana es considerada única, ha llegado el tiempo de reconocer la unicidad de la Tierra.
- 2.- La Madre Tierra nos sostiene: estamos atados ella, ella representa, por tanto, la unión de todos los humanos para toda su vida.
- 3.- La Tierra tiene una edad de cuatro mil millones de años y es la cuna de la vida. A lo largo de las eras geológicas ha habido números cambios que han determinado su larga evolución, que ha conducido a la formación del ambiente en el que vivimos actualmente.
- 4.- Nuestra historia y la de la Tierra son inseparables, su origen y su historia son los nuestros, su futuro será nuestro futuro.
- 5.- La superficie de la Tierra es nuestro ambiente, éste es distinto no sólo de aquel del pasado sino también del futuro. Ahora somos compañeros de la Tierra y sus guardianes momentáneos.
- 6.- Como un viejo árbol conserva el registro de su vida, la Tierra mantiene la memoria del pasado escrita en sus profundidades y en su superficie, en las rocas y en el paisaje; esta clase de registro puede también ser traducido.
- 7.- Debemos estar atentos a la necesidad de proteger nuestro patrimonio cultural, la "memoria" del género humano. Ha llegado el momento de proteger el patrimonio natural y el ambiente físico, porque el pasado de la Tierra no es menos importante que el del hombre. Es la hora de aprender a conocer este patrimonio y, por eso, leer este libro del pasado, escrito en las rocas y en el paisaje antes de nuestra llegada.

**8.-** El hombre y la Tierra forman un patrimonio común. Nosotros y los gobiernos somos solamente custodios de esta herencia. Todos los seres humanos deben comprender que el más pequeño ataque puede mutilar, destruir o producir daños irreversibles. Toda clase de desarrollo debería respetar la singularidad de esta herencia.

**9.-** Los participantes en el I Congreso Internacional de la Conservación de nuestro patrimonio geológico, que ha visto la participación de más de 100 especialistas, procedentes de más de 30 países, piden urgentemente a todas las autoridades nacionales e internacionales el pleno apoyo a la necesidad de tutelar el patrimonio de nuestra Tierra, y de protegerlo con todas las medidas legales, financieras y organizativas que pudieran ser necesarias.

El texto de la declaración aparece en la publicación siguiente:

Declaración Internacional de Digne. 1993. Actes du Premier Symposium International sur la Protection du Patrimoine (Digne, France, 1991). Memoires de la Societé de Geologique de France. Nouvelle Serie nº 1165, 276 p. París.

### **Anexo 3. Declaración de Girona sobre el Patrimonio Geológico (1998).**

En la III Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España, celebrada en Girona en 1997, se creyó conveniente la redacción de un decálogo sobre patrimonio geológico. Este decálogo recibió el nombre de Declaración de Girona sobre el Patrimonio Geológico. En ella se recoge la importancia del patrimonio geológico, su entronque con el medio biológico y natural, y la necesidad de un impulso en lo relativo a su investigación, difusión y preservación, con una dimensión social importante, trascendiendo los ámbitos especializados.

#### **Declaración de Girona sobre el Patrimonio Geológico**

**1.** La Tierra es un planeta singular. Hoy por hoy es el único dónde se conoce la existencia de vida. Los mecanismos de la evolución geológica en primer lugar, biológica posteriormente, han condicionado, a lo largo de 4.500 millones de años la Historia terrestre, la existencia de una extraordinaria Biodiversidad, compuesta por millones de especies entre las que el hombre ocupa un papel preponderante.

**2.** La relación entre el hombre y la Tierra ha sido desde su aparición en el pasado geológico reciente, muy estrecha. El hombre forma parte del planeta y comparte con él un fragmento de su historia. La especie humana es la única capaz de reconstruir la inmensa colección de eventos acaecidos a lo largo del tiempo geológico.

**3.** Las evidencias de esta dilatada y cambiante historia no se han perdido. El registro geológico, representado por una enorme variedad de formas, depósitos sedimentarios, rocas, fósiles, minerales y otras muchas manifestaciones geológicas, constituye un testimonio fundamental para el conocimiento de la memoria de la Tierra, de los climas y paisajes del pasado, y de las variedades biológicas y geológicas del presente. El conocimiento de lo acontecido en el pasado es primordial para valorar en su verdadera dimensión los fenómenos y procesos actuales, así como para elaborar modelos predictivos del futuro.

**4.** La historia de la Tierra, como cualquier historia, no es un continuo absoluto, al menos por lo que hace referencia a los archivos conservados. Posee hitos especialmente significativos en el tiempo, y lugares o puntos que reflejan procesos de especial interés, que el hombre tiene derecho a conocer y, consecuentemente, la obligación de conservar. Esta serie de elementos geológicos singulares, representativos de la historia geológica de cada región en particular, y de la Tierra en su conjunto, constituye el patrimonio geológico.

**5.** El patrimonio geológico es un bien común, perteneciente a cada individuo, a cada comunidad y, en último término, al conjunto de la humanidad. Su destrucción es casi siempre irreversible y conlleva la pérdida de una parte de la memoria de la Tierra, la cual deja a las generaciones futuras sin la posibilidad de conocimiento directo de parte de su evolución y de su historia.

**6.** El patrimonio geológico está íntimamente unido al medio natural, al medio físico, al medio ambiente. Su conservación, absolutamente necesaria e indisoluble de la del patrimonio natural y cultural en general, es un rasgo de las sociedades culturalmente avanzadas. De igual manera, una política ambiental y de conservación de la naturaleza que no contemple adecuadamente la gestión del patrimonio geológico, nunca será una política ambiental correcta.

**7.** El patrimonio geológico, adecuadamente gestionado, puede llegar a constituir una pieza fundamental del bienestar social y económico de su entorno, además de contribuir eficazmente a desarrollo sostenible de los ambientes rurales donde generalmente se localiza y avanzar así en el camino de un mayor entendimiento entre el hombre y la naturaleza. Igualmente, el patrimonio geológico es un elemento necesario para la educación ambiental.

**8.** Se hace imprescindible aplicar a corto y media plazo la legislación vigente con vistas a una eficaz protección del patrimonio geológico, haciendo uso de las figuras legales existentes en las normativas internacionales, nacionales, autonómicas o locales, o crear otras complementarias o específicas, que contemplen y traten adecuadamente los Puntos y Lugares de Interés Geológico.

**9.** Cada persona, cada administración, cada gobierno, tiene la obligación de ejercer acciones para dar a conocer, proteger, difundir y poner en valor el patrimonio geológico, en los distintos ámbitos que le sean propicios: local, regional, nacional e internacional.

**10.** Por último, es necesario que los responsables de las diferentes administraciones públicas, centros de investigación, técnicos, científicos, investigadores, ambientalistas, naturalistas, ecologistas, periodistas y educadores, se movilicen activamente en una campaña de sensibilización del conjunto de la población a fin de lograr que el patrimonio geológico, indudable cenicienta del patrimonio, deje de serlo, en beneficio de todos.

El texto de la declaración aparece en la publicación siguiente:

Durán, J.J., Brusi, D., Palli, Ll., López-Martínez, J., Palacio, J. y Vallejo, M. (1998).

Geología Ecológica, Geodiversidad, Geoconservación y Patrimonio Geológico: la Declaración de Girona. En Durán J.J. y Vallejo, M. (Eds.). Comunicaciones de la IV Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico, 67-72. Sociedad Geológica de España.

-Decreto Ley 201/99 DEL SISTEMA NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS

CAPITULO I

Artículo3: Para la estructuración y funcionamiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y atendiendo a la connotación de las áreas que lo componen, se establecen los siguientes niveles de clasificación:

a) áreas protegidas de significación nacional: Son aquéllas que, por la connotación o magnitud de sus valores, representatividad, grado de conservación, unicidad, extensión, complejidad u otros elementos relevantes, se consideran de importancia internacional, regional o nacional, constituyendo el núcleo fundamental del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

b) áreas protegidas de significación local: Son aquéllas que, en razón de su extensión, grado de conservación o repetibilidad, no son clasificadas como áreas protegidas de significación nacional.

c) regiones especiales de desarrollo sostenible: Son extensas regiones donde, por la fragilidad de los ecosistemas y su importancia económica y social, se toman medidas de atención y coordinación de carácter estructural a nivel nacional, para el logro de objetivos de conservación y desarrollo sostenible. Estas áreas también son denominadas áreas protegidas de uso múltiple y por sus características y para su gestión integral se regirán por su legislación específica y por lo establecido en el presente Decreto - Ley en los Capítulos III y VI.